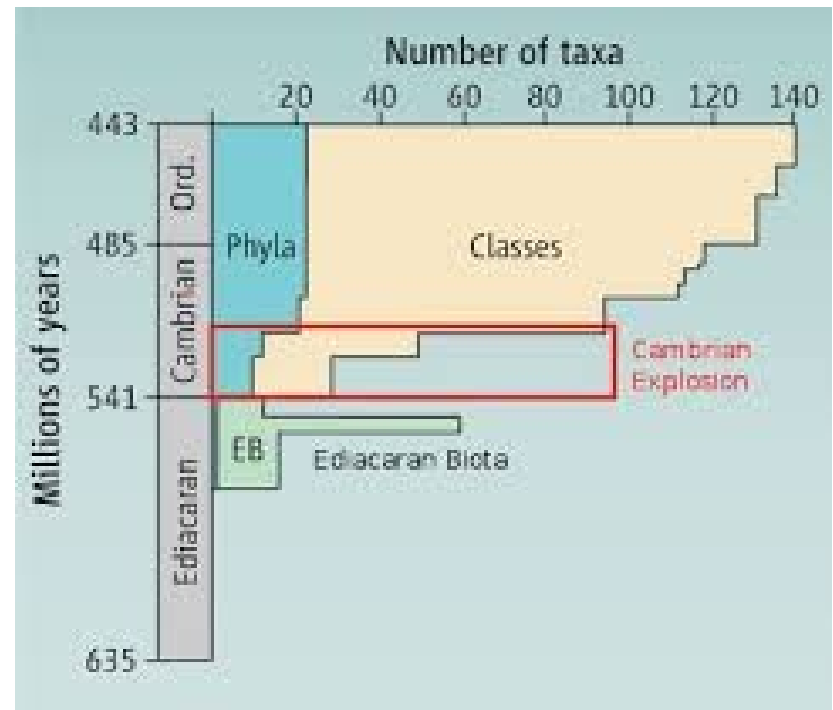
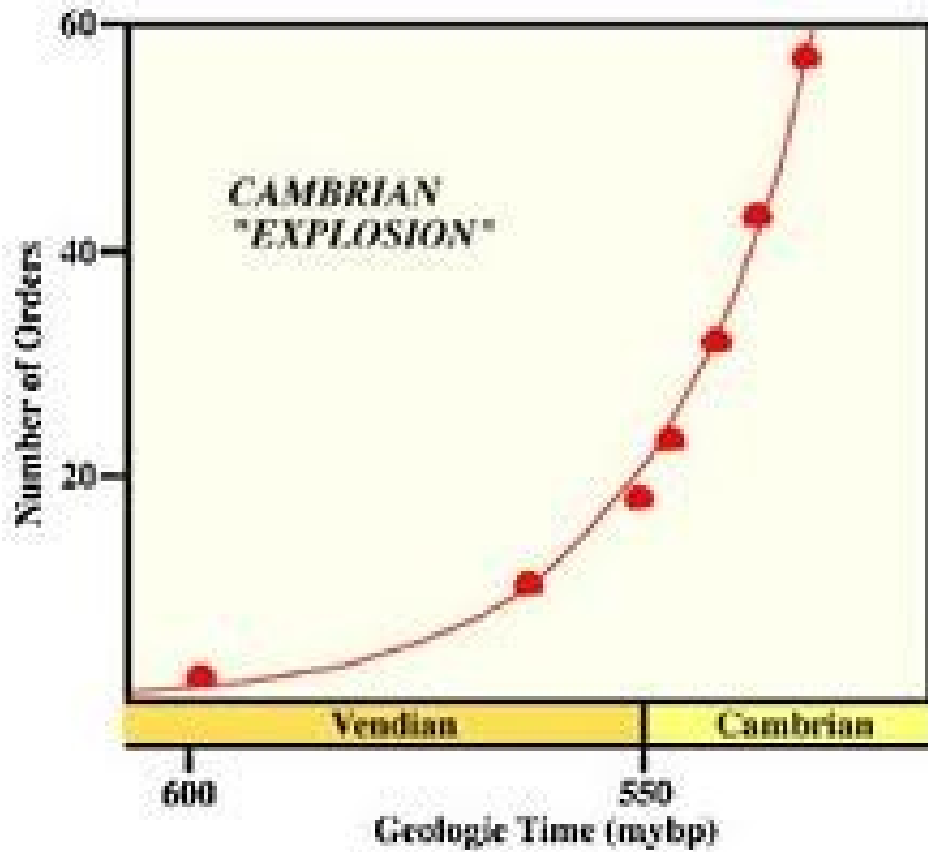


# Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země – část III.

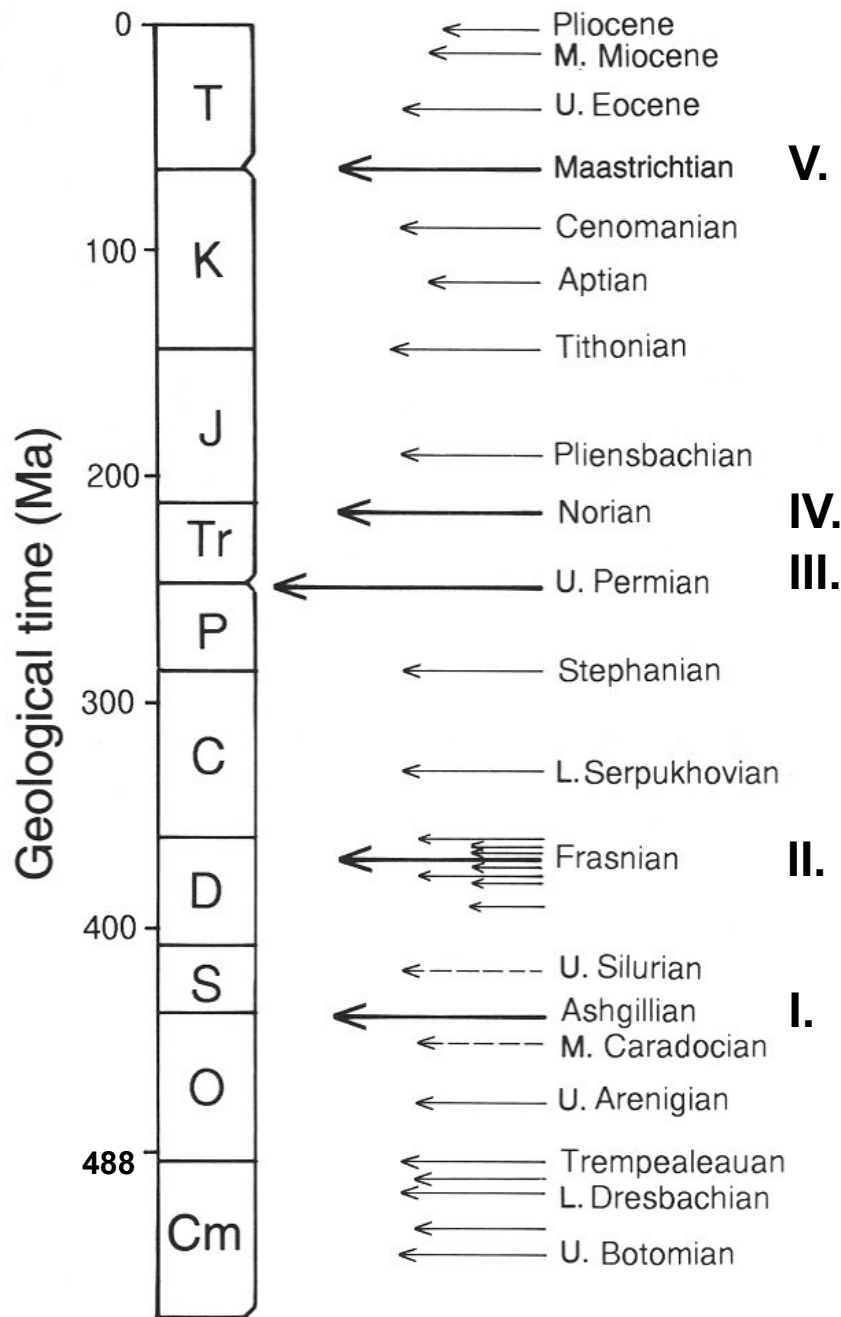
## **FANEROZOIKUM**

Rostislav Brzobohatý

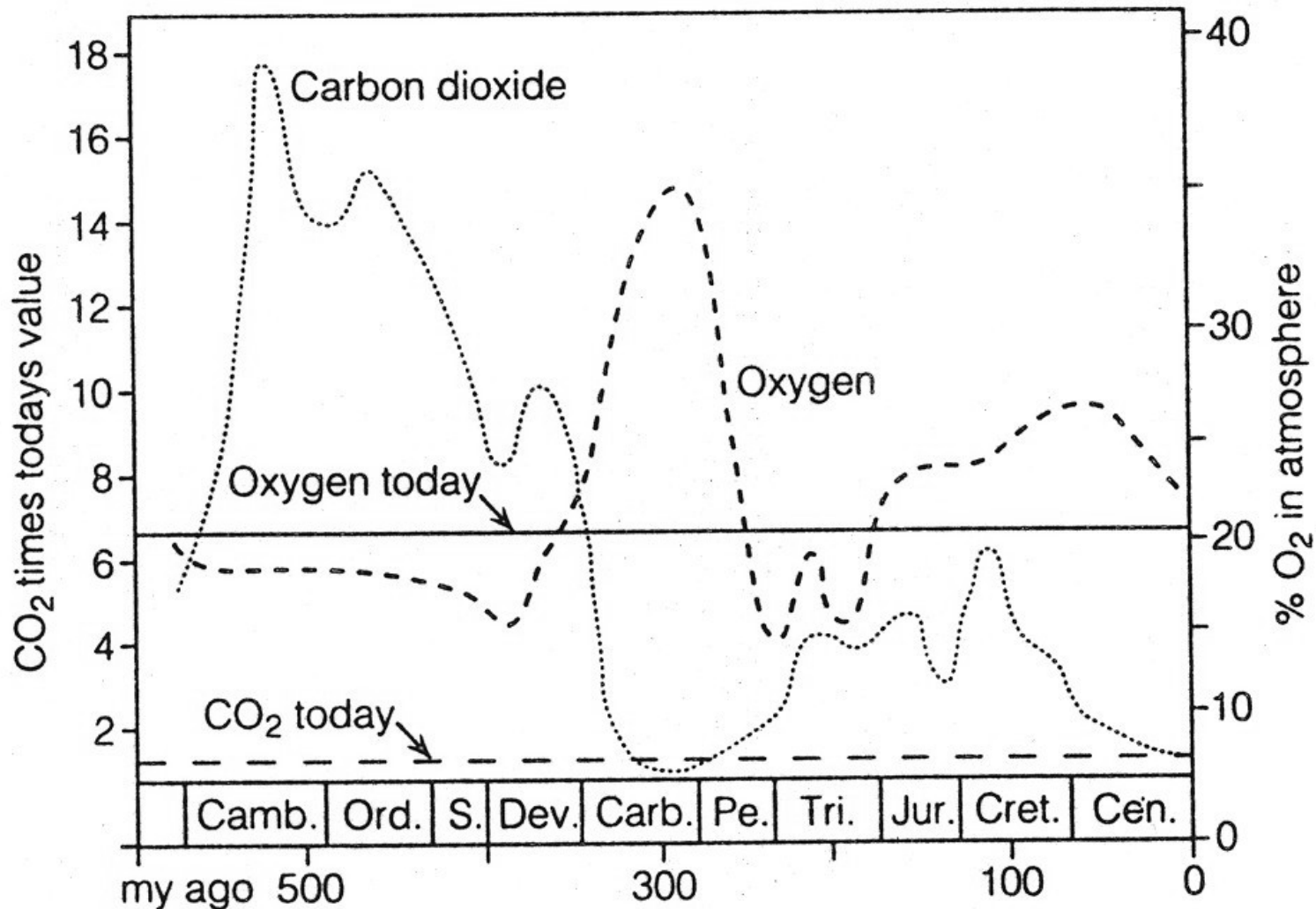
výběrovka 15



Jak chápat tzv. „kambrickou explozi“ ?



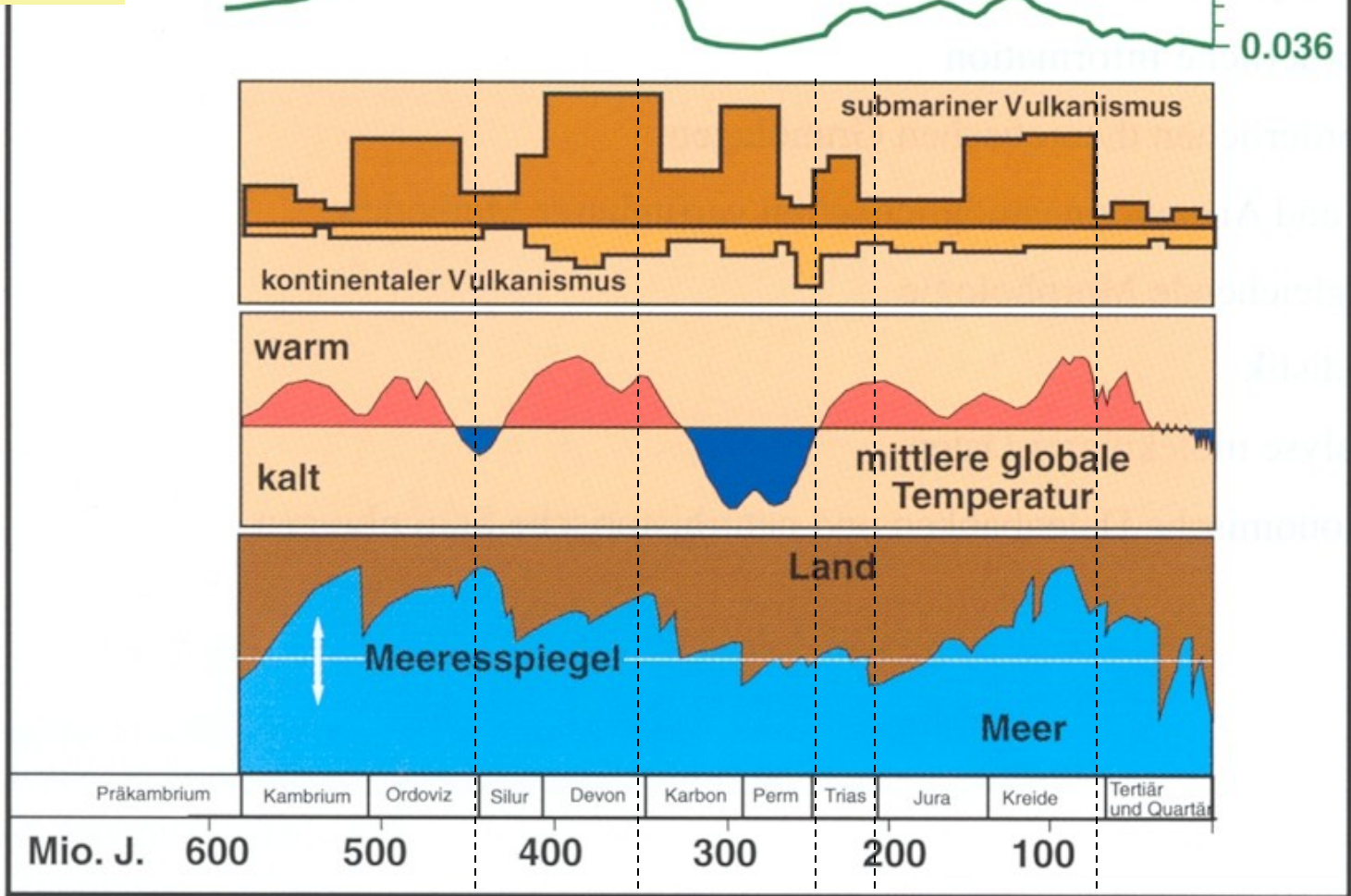
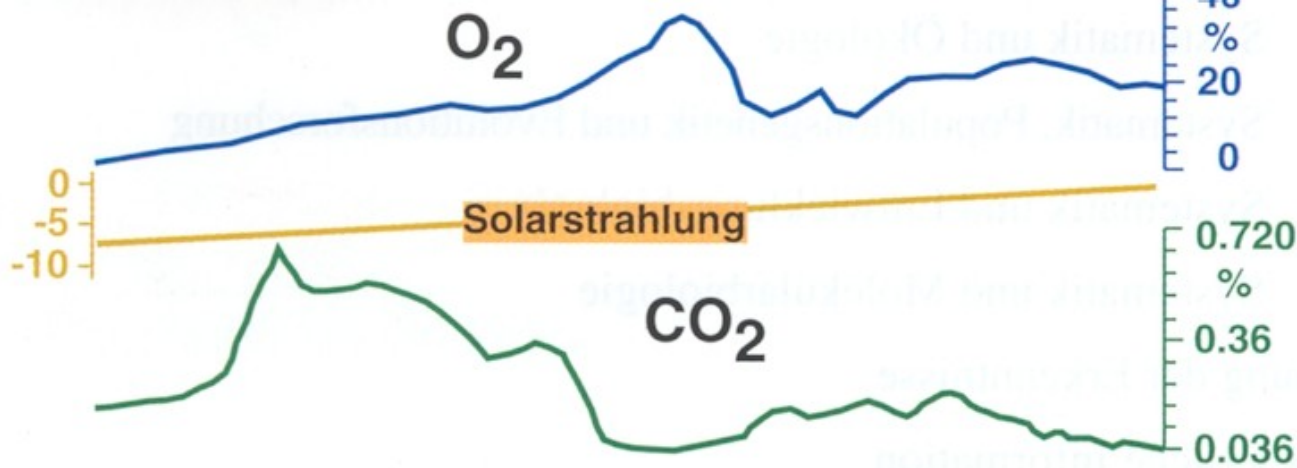
**Vztah masových vymírání (tučné šipky) a drobnějších decimací globální diverzity**



**Kolísání obsahu O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> během fanerozoika a vztah k současnému stavu**

**Fanerozoikum:  
intenzita vulkanizmu  
a kolísání**

- teplot,
- mořské hladiny,
- O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>



Hromadné vymírání I. II. III. IV. V.

545 million years ago, there was an  
**Explosion of Life!**

**Wanted: sea-floor!**  
Sponges burrowed their way to capture  
water through their bodies.  
Living sponges: modern sponges

**Wanted: sea floor!**  
The sponges  
could actually capture  
nutrients and oxygen

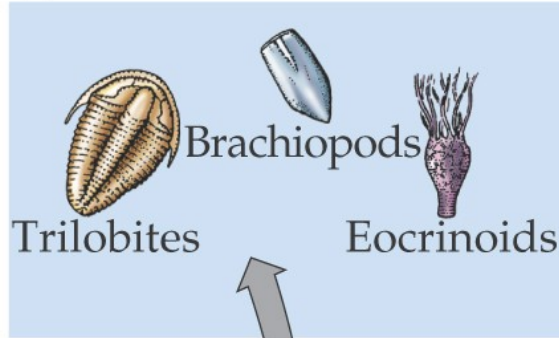
**Wanted: sea floor!**  
Finally, elongated animals  
that often lived alone.  
Living relatives: earth, worm,  
mollusk, octopus

**Wanted: sea floor!**  
Animals and sponges burrowed  
Living relatives: earthworms,  
mollusks, octopuses

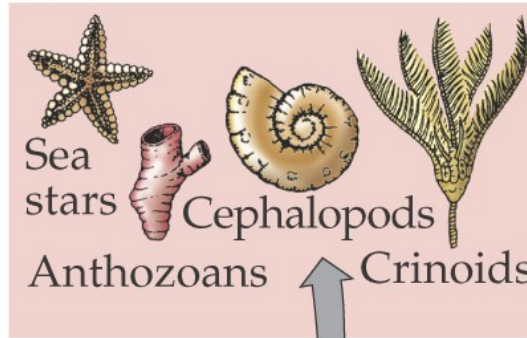


**3 faunistické skupiny ve fanerozoiku podle Sepkoskiho a jejich vrcholy:**  
**1. - kambrická (modrá), 2. - paleozoická (červená) a 3. - moderní (zelená)**

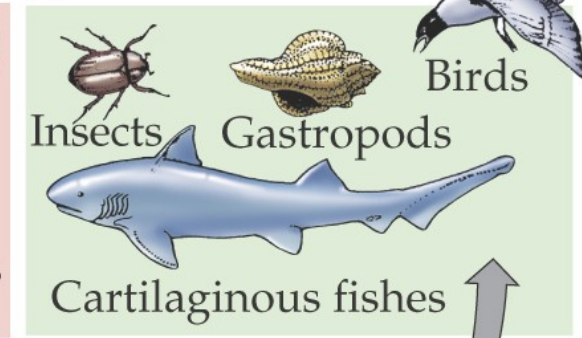
(a) Cambrian fauna



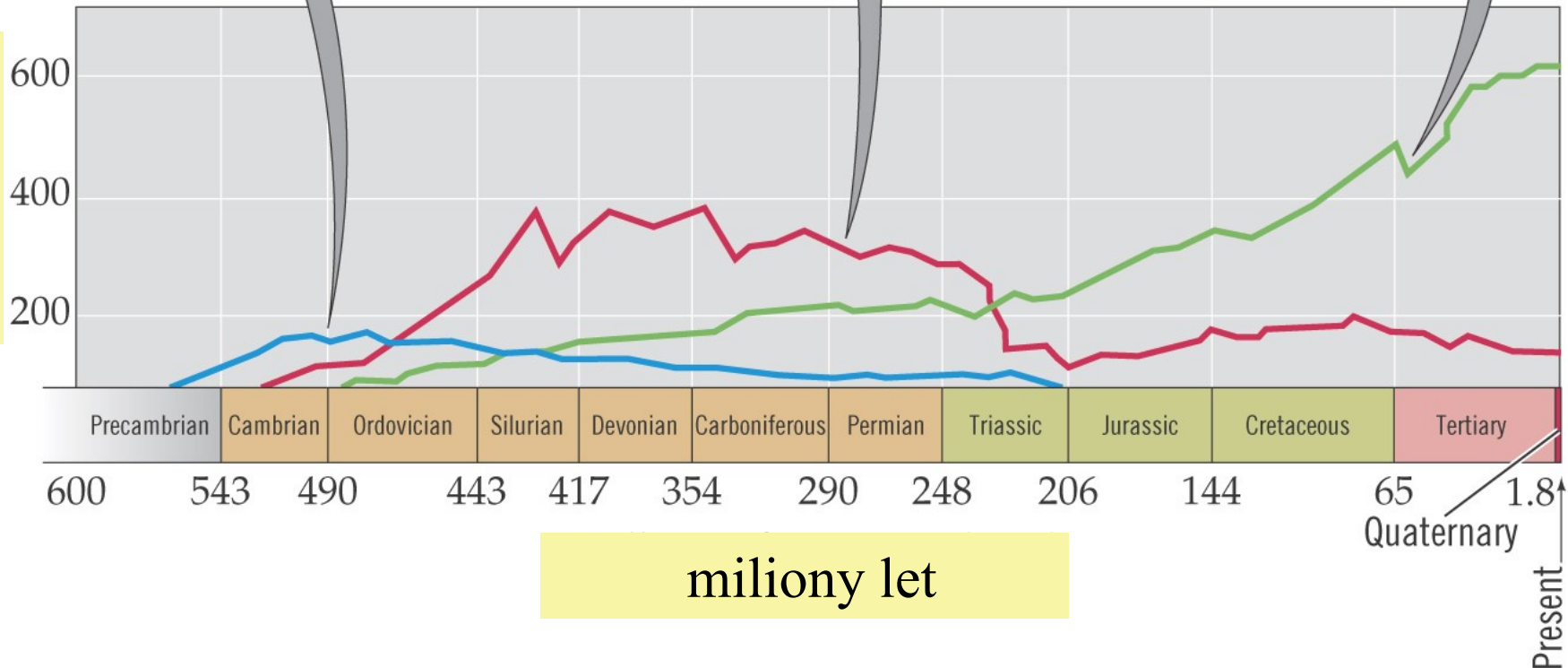
(b) Paleozoic fauna



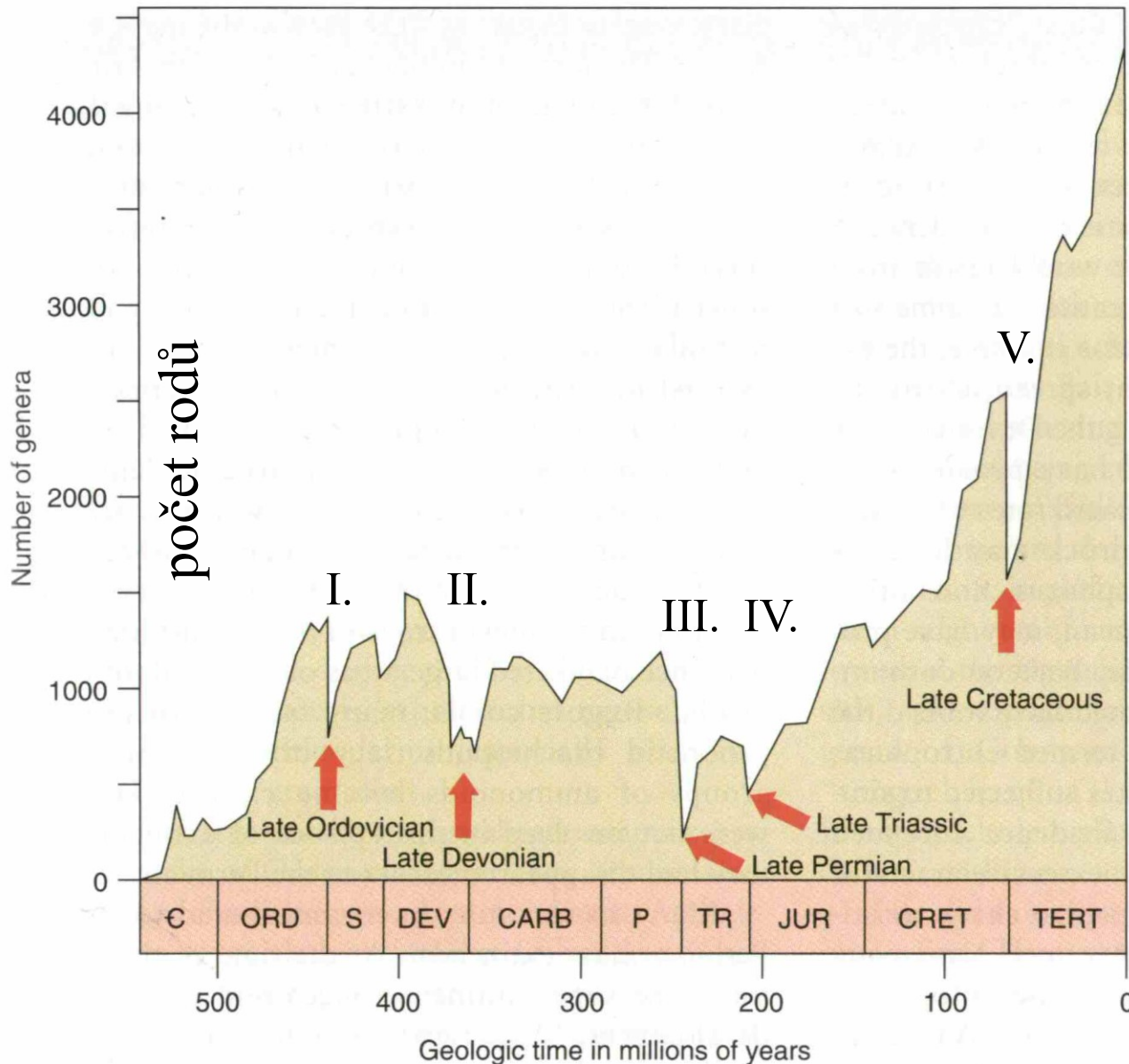
(c) Modern fauna



Počet čeledí

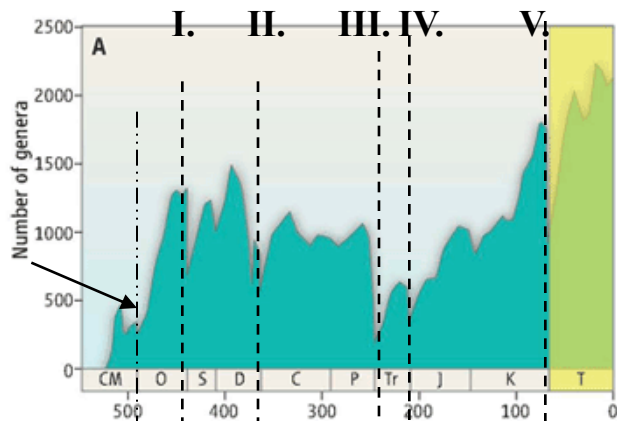


# Diverzita (rozdůrněnost) mořských živočichů v historii Země a epizody masového vymírání I. – V.

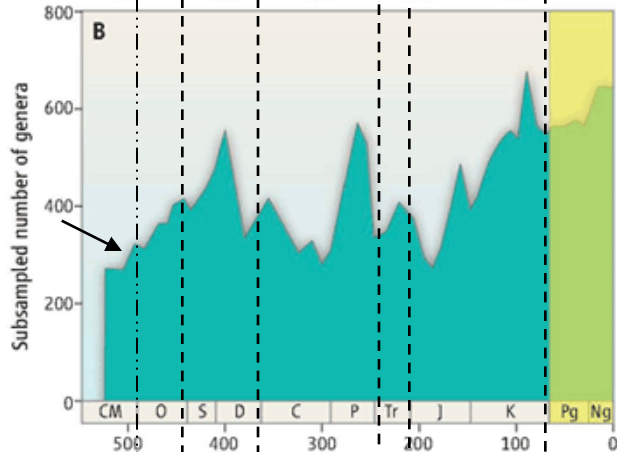


**FIGURE 10–84** Diversity of marine animals compiled from a database recording first and last occurrences of more than 34,000 genera. The graph depicts five major episodes of mass extinction (global extinctions over a short span of geologic time). (Adapted from Sepkoski, J. J., Jr. 1994. *Geotimes* 39(3):15–17.)

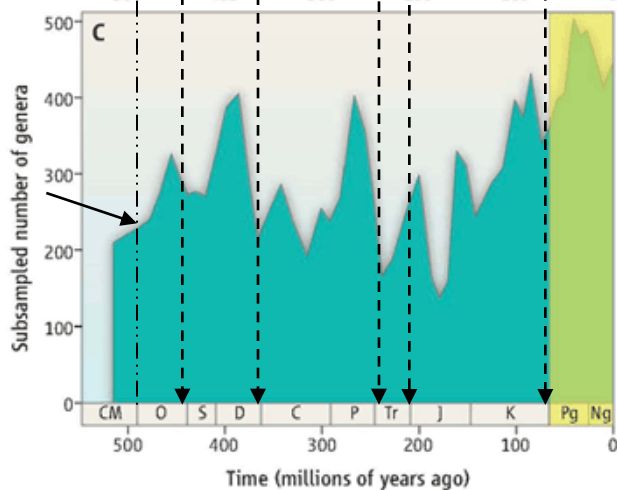




Diversita podle Sepkoskiho (1997)



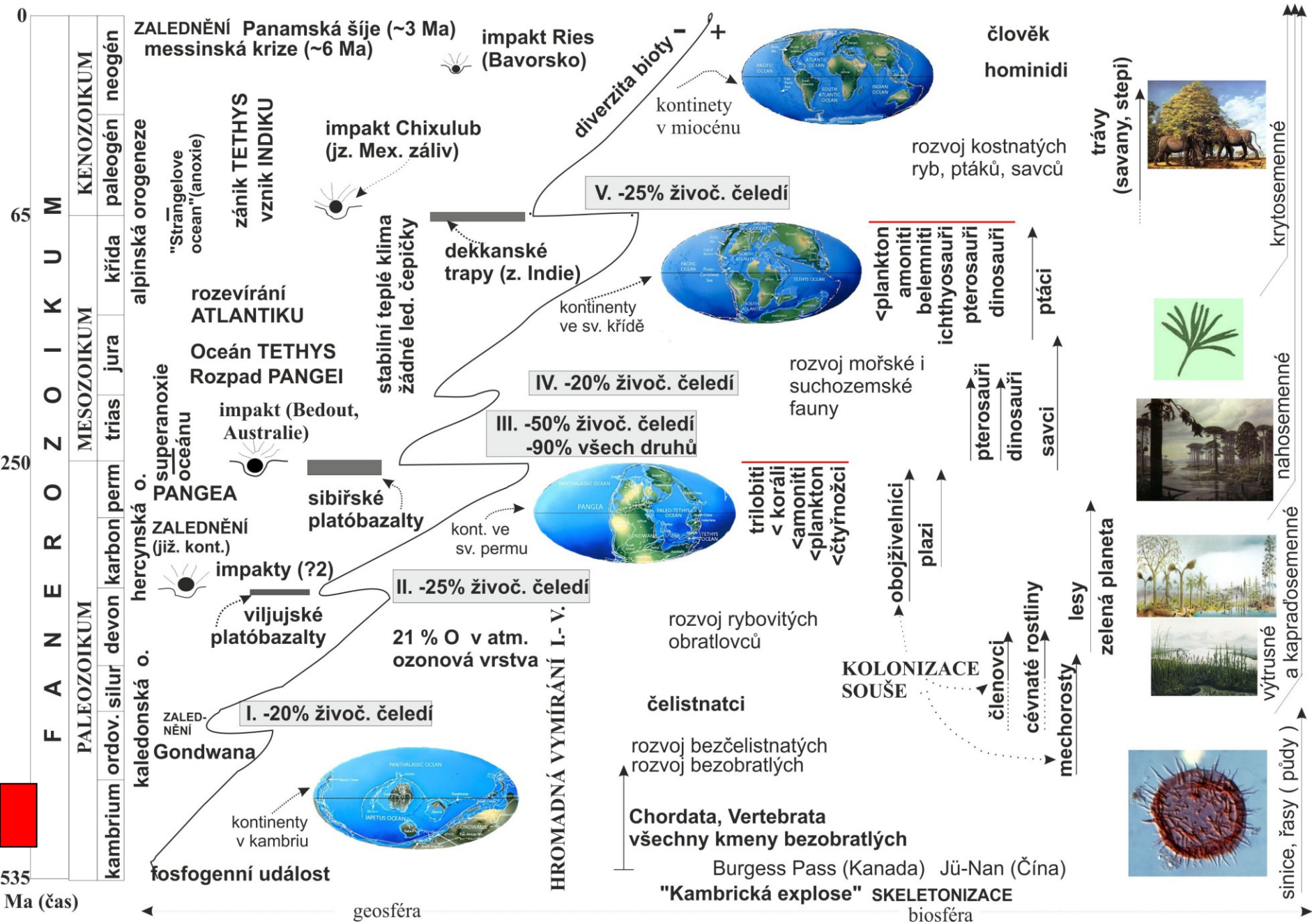
Současná křivka diverzity podle Paleobiology Database



Nejnovější křivka diverzity podle PBDB (2012) s použitím nové metody pro korekci nerovnoměrného vzorkování – pro kenozoikum (žlutá barva) je shodná s ad A)

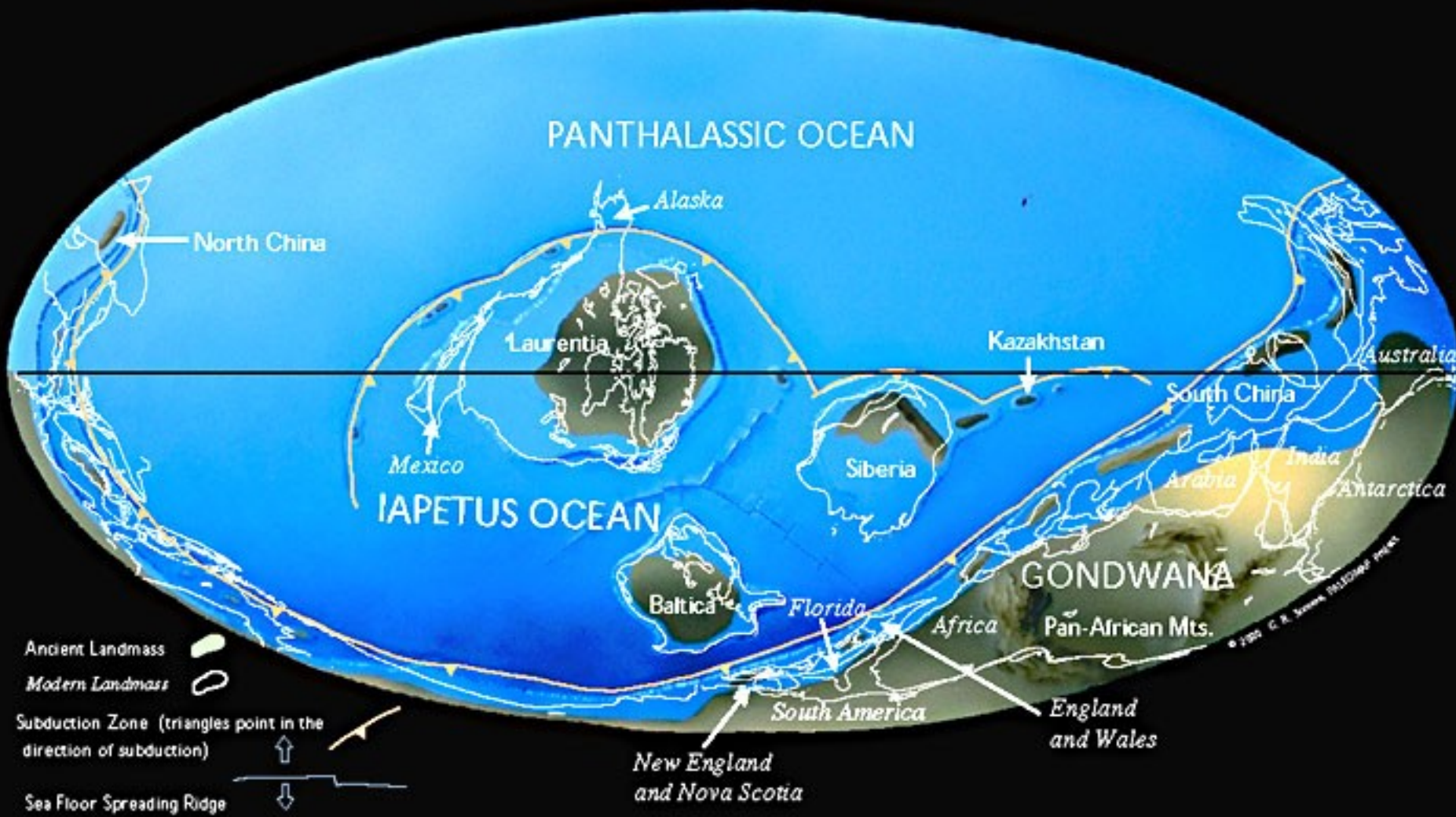
**šipky ukazují odlišné hodnocení závěru kambria podle různých metod**

**KAMBRIUM**  
**(542 - 488 Ma)**

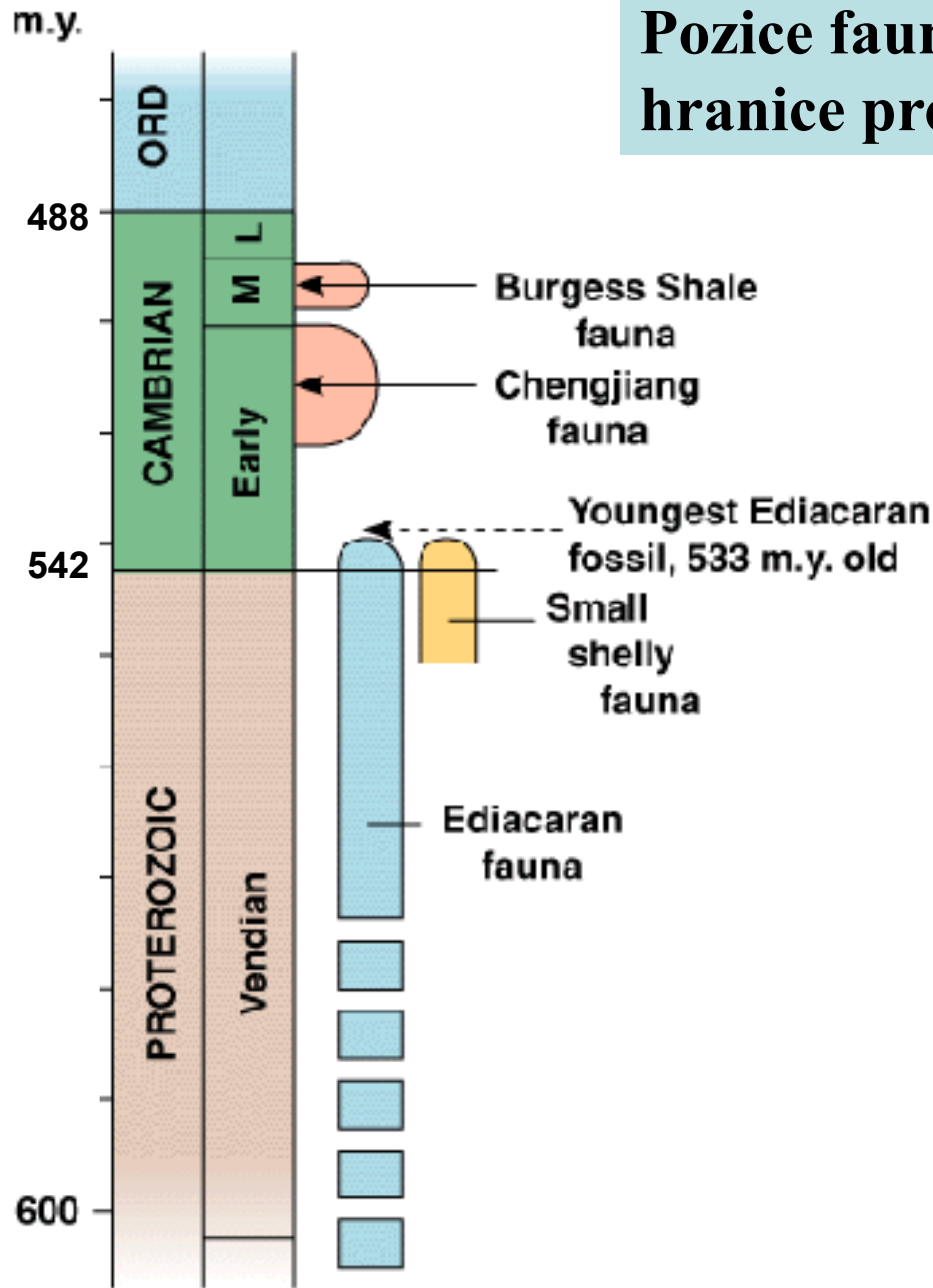


# Kambrium – rozpad Pannotie, největší kontinent Gondwana

Late Cambrian 514 Ma



# Pozice faun a lokalit okolo hranice proterozoikum/fanerozoikum



# Život v kambriu

- Báze kambria je většinou geologicky lehce zjistitelná podle nástupu pevných částí fosílií (schránky, kostřičky). Biomineralizace – skeletonizace, její příčiny (viz dále).
- Mluvíme o „kambrické explozi“
- V kambriu nastupují všechny kmeny s tvrdými elementy (? s výjimkou mechovek) a i četné bez pevných částí (problém zjištění?).

# Evoluční výhoda schránek a koster:

1. Podpírají svaly, etc.
2. Ochrana vůči prostředí, predátorům
3. Pomoc (opora) při pohybu

Možné vysvětlení nástupu skeletonizace:

- Vysoký obsah solí ve vodách + obrana = detoxikace
- Zvyšující se obsah kyslíku v prostředí a možnost jeho využití pro energeticky náročnou biochemii (srovnání: v dnešních prostředích s nízkým obsahem kyslíku žijí jen malé měkkotělé organizmy).
- Stavba těla (12 – buněk)

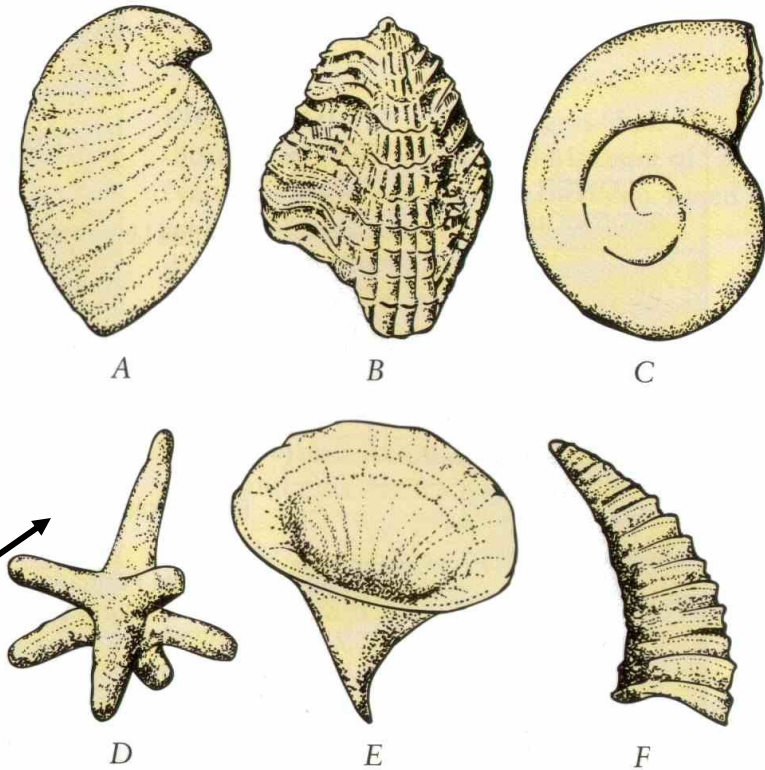
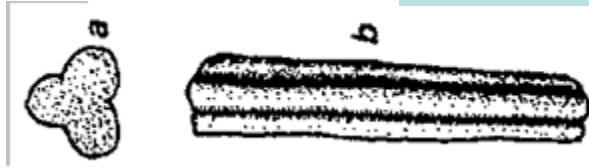


FIGURE 10-13 Late Precambrian and Early Cambrian shell-bearing fossils from Siberia. (A) *Anabarella*,  $\times 20$ , a gastropod; (B) *Camenella*,  $\times 18$ , affinity uncertain; (C) *Aldanella*,  $\times 20$ , a gastropod; (D) sponge spicule,  $\times 30$ ; (E) *Fomitchella*,  $\times 45$ , affinity uncertain; and (F) *Lapworthella*,  $\times 20$ . (After Matthews, S. J. and Missarzhevsky, V. V. J. 1975. Geol. Soc. London 131:289-304.)

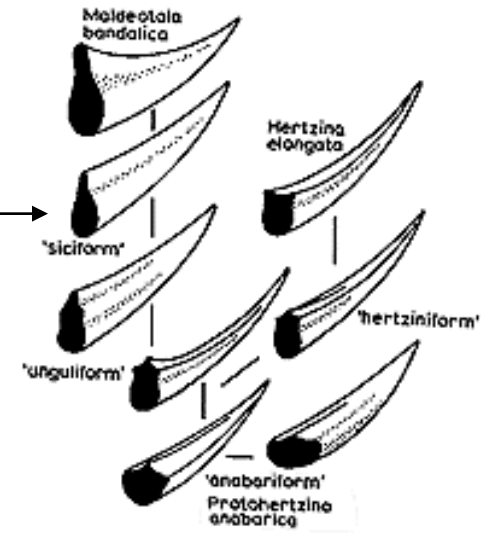
Okolo hranice Prz/Cm se objevuje tzv. „tomotská fauna“:

- drobné (1 – 5 mm) fosfatické schránky, většinou neznámého systematického zařazení a příbuznosti.
- tvar: většinou trubičky, ostny, kuželovité nebo destičkovité fosílie
- zástupci tomotské fauny mizí během kambria.

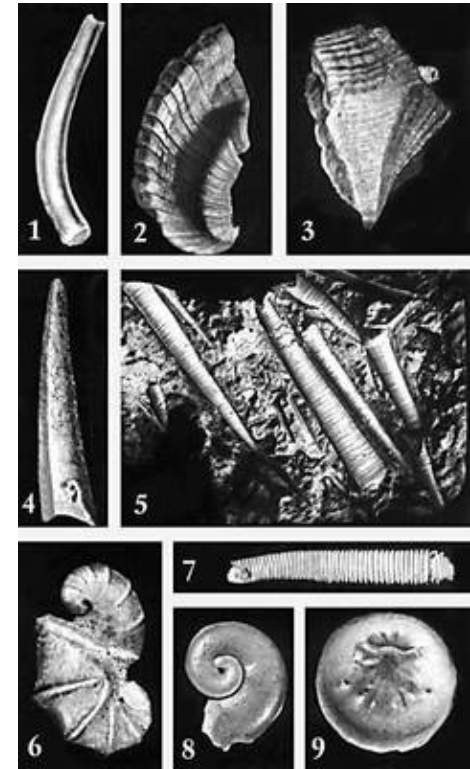
# Další ukázky tomotských zkamenělin, Sibiř



*Protohertzina*



*Anabarites* sp., proterozoikum/kambrium, Sibiř, v hornině a rekonstrukce





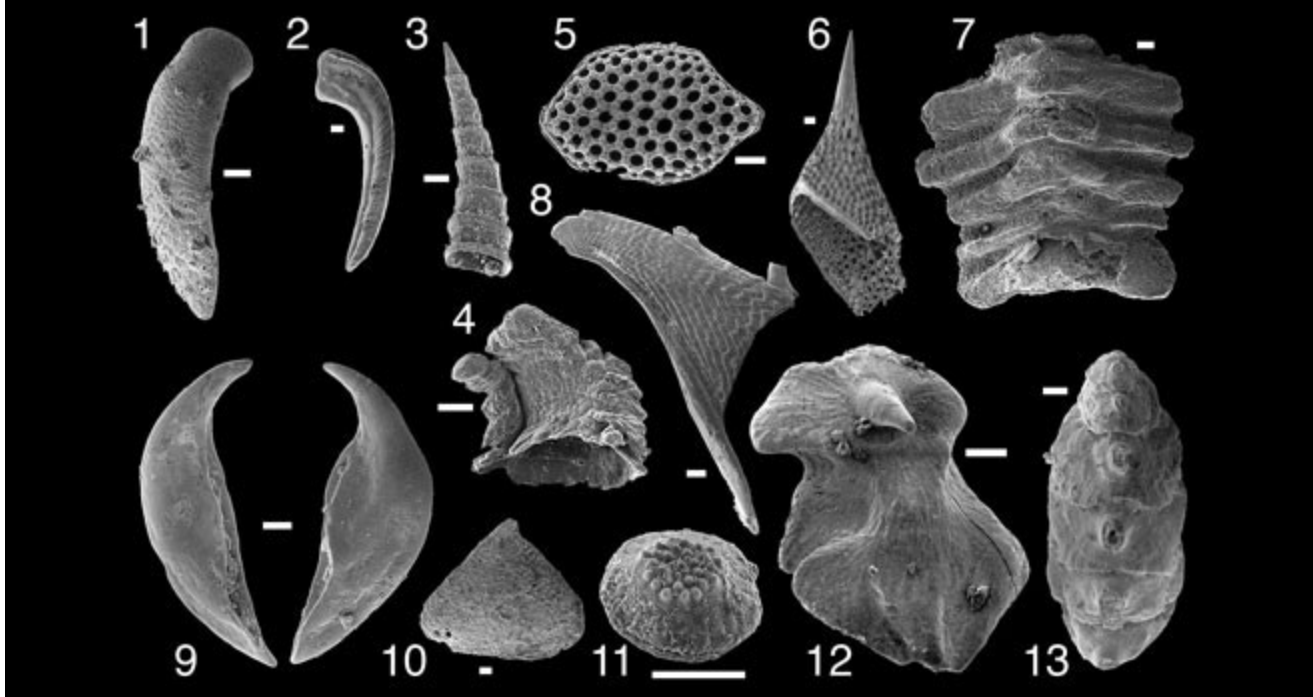


Fig. 1 Early Cambrian sclerite-bearing animals. 1, *Siphogonuchites*. 2, *Hippopharangites*. 3, *Lapworthella*. 4, *Eccentrotheca*. 5, 6, *Microdictyon*. 7, *Tumulduria*. 8, *Scoponodus*. 9, Jaw-like elements of *Cyrtochites*. 10, *Porcauricula*, 11, Dermal element of *Hadimopanella*. 12, *Cambroclavus*. 13, *Paracarinachites*. Scale bars = 0.1 mm.

© Swedish Museum of Natural History. Photos: Stefan Bengtson.

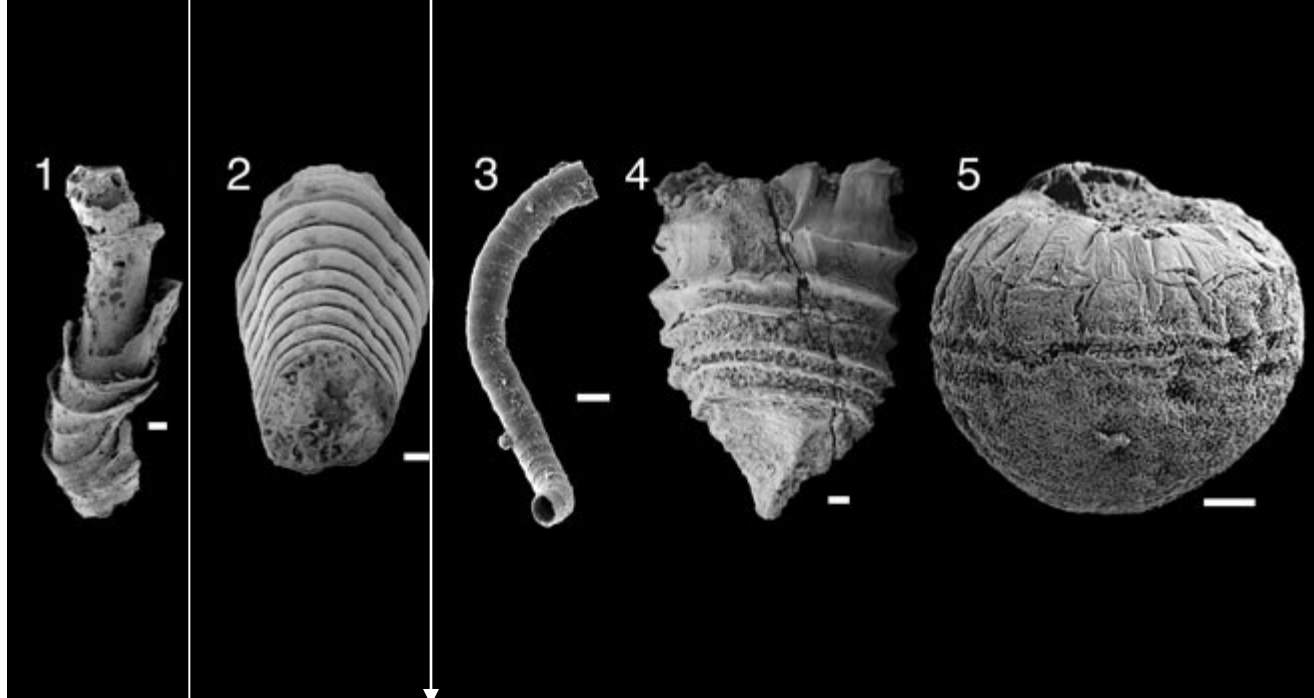


Fig. 2 Early tube-dwelling animals. 1, *Cloudina*, one of the earliest animals with a mineralized skeleton reinforced with calcite (late Neoproterozoic). 2, *Aculeochrea*, with an aragonite-reinforced tube (Precambrian-Cambrian boundary beds). 3, *Hyolithellus*, an animal reinforcing its tube with calcium phosphate (early Cambrian). 4, *Olivoides*, possibly a thecate scyphozoan polyp. 5, Pre-hatching embryo of *Olivoides*. Scale bars = 0.1 mm.  
© Swedish Museum of Natural History. Photos: Stefan Bengtson.

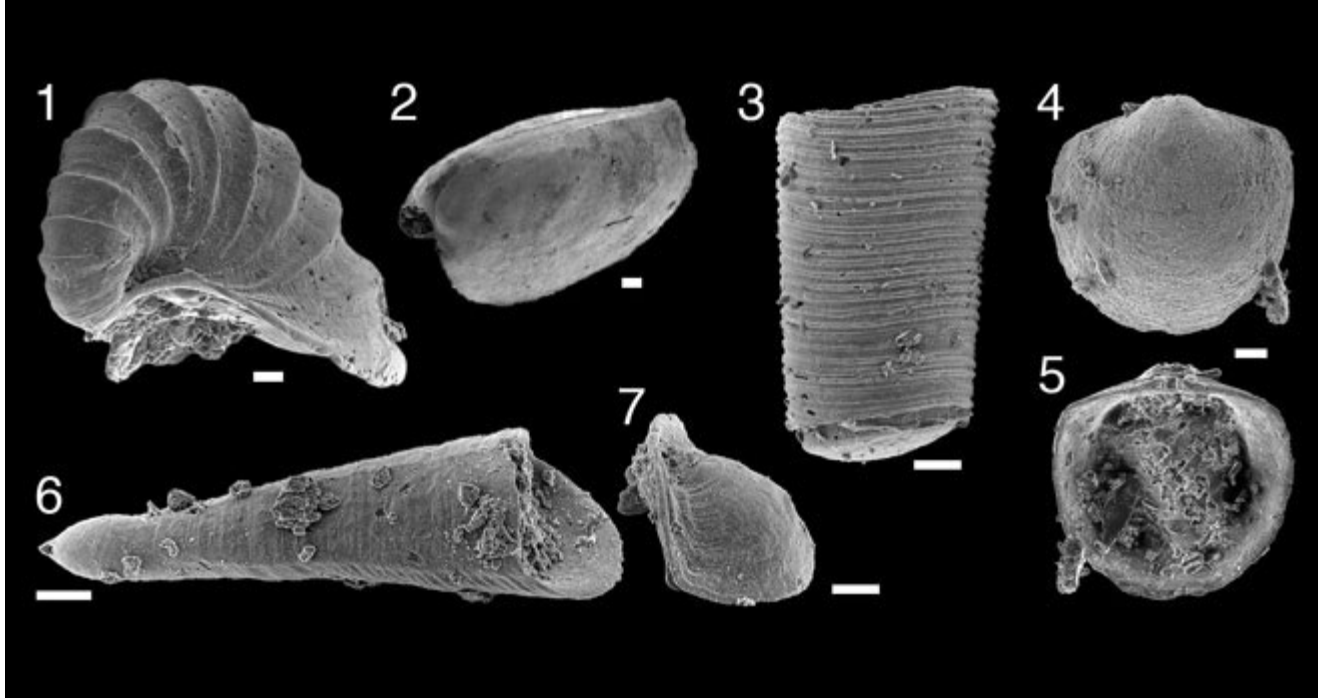


Fig. 3 Early Cambrian shell-bearing animals. 1, *Archaeospira*, a possible gastropod. 2, *Watsonella*, a possible mollusc. 3, *Cupithecina*. 4, 5, *Aroonia*, a probable stem-group brachiopod. 6, 7, Conch and operculum of *Parkula*, a hyolith. Scale bars = 0.1 mm.

© Swedish Museum of Natural History. Photos: Stefan Bengtson.

rugose Korallen, téměř všechny třídy a řady mořských (zemních) živočichů,

**bezopornatí ramenonožci**



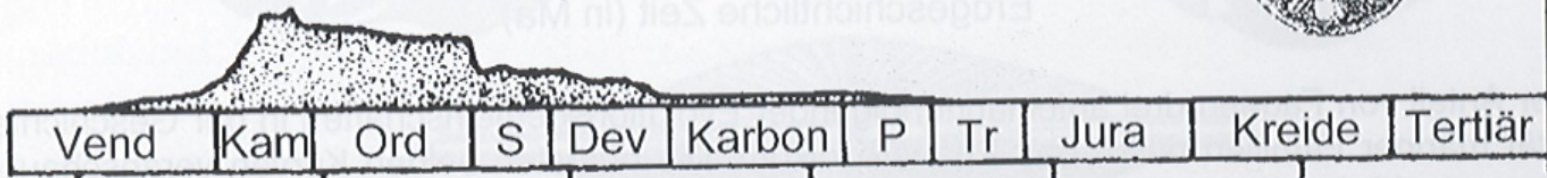
**starobybí plži**



**trilobiti**



**hyoliti**

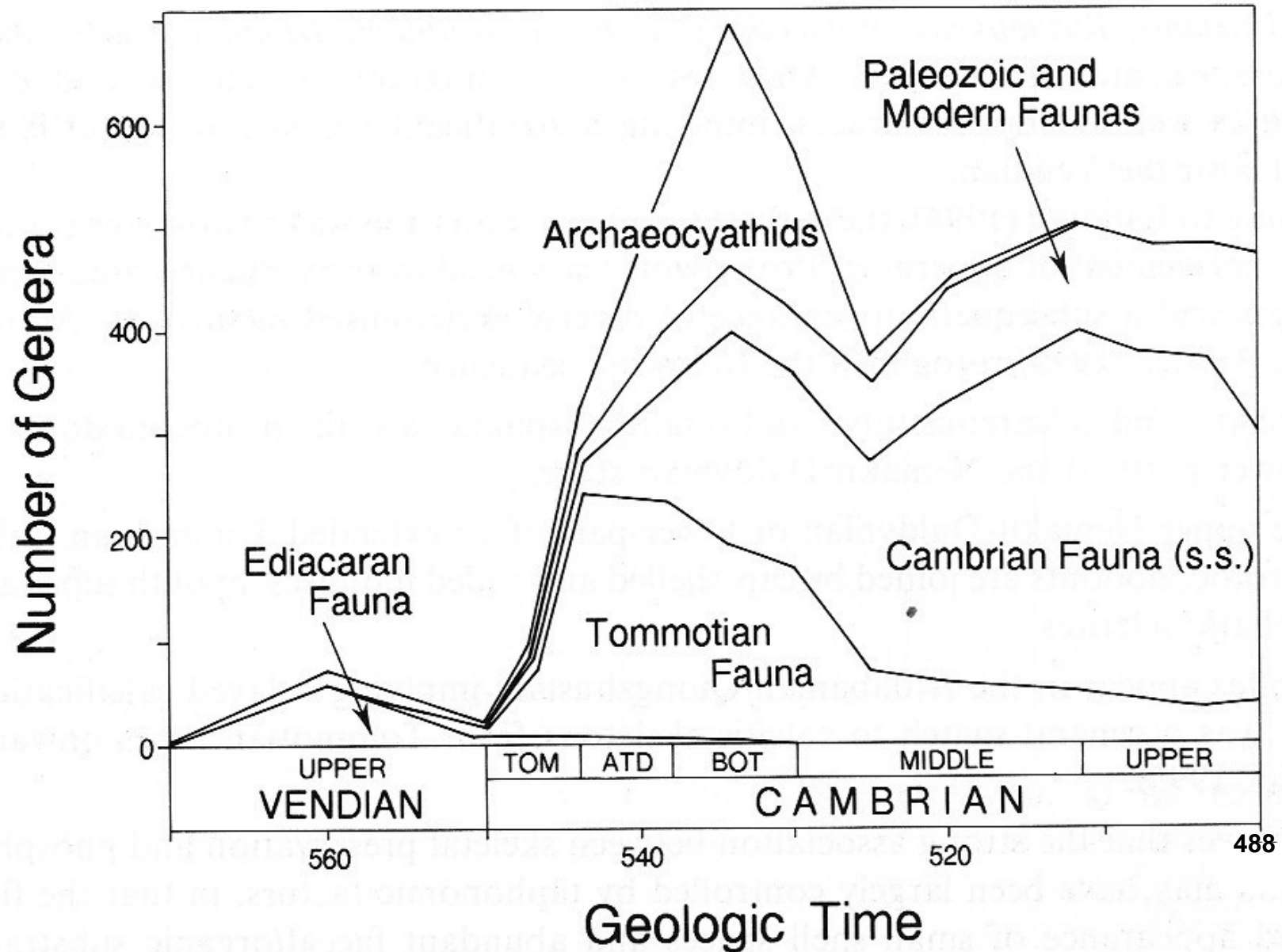


Anzahl der Familien  
400  
200  
0

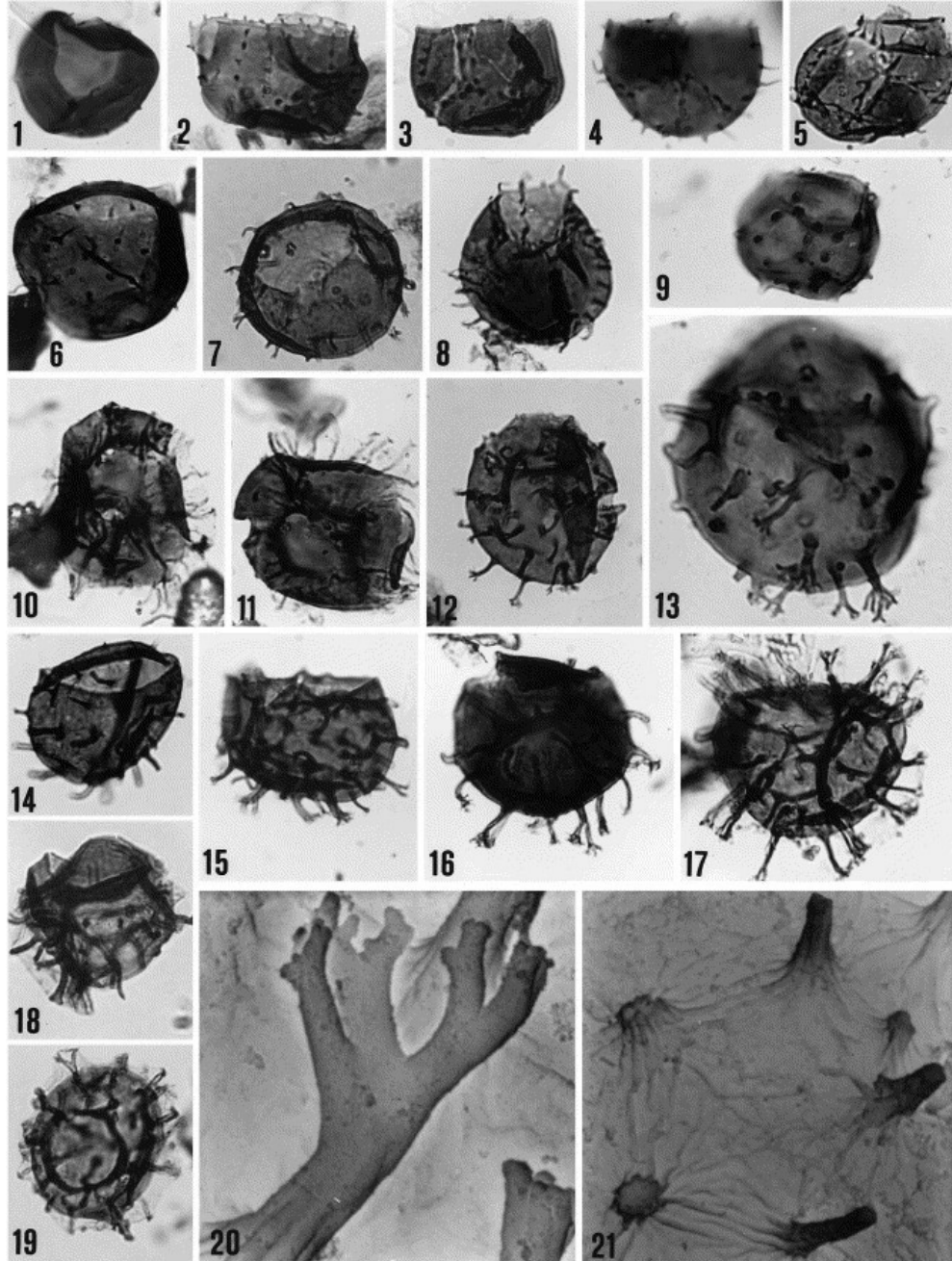
Erdgeschichtliche Zeiten

## Kambrická (1. fauna)

# Diverzita rodů mnohobuněčných v kambriu (Sepkoski 1992)



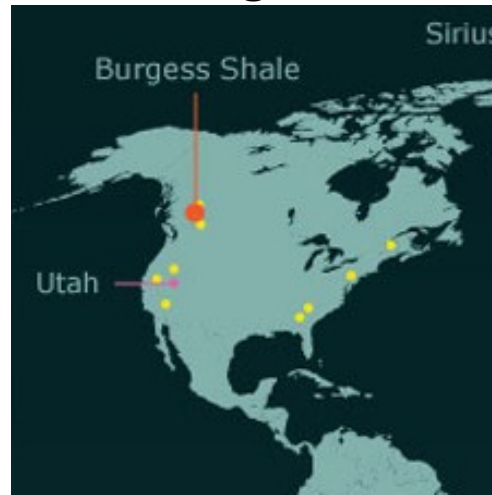
## **Rychlý přehled kambrického života**



**Kambricko-ordovická acritarcha**



**Ch. Walcott, 1912, Burgess Pass,  
str.Cm**

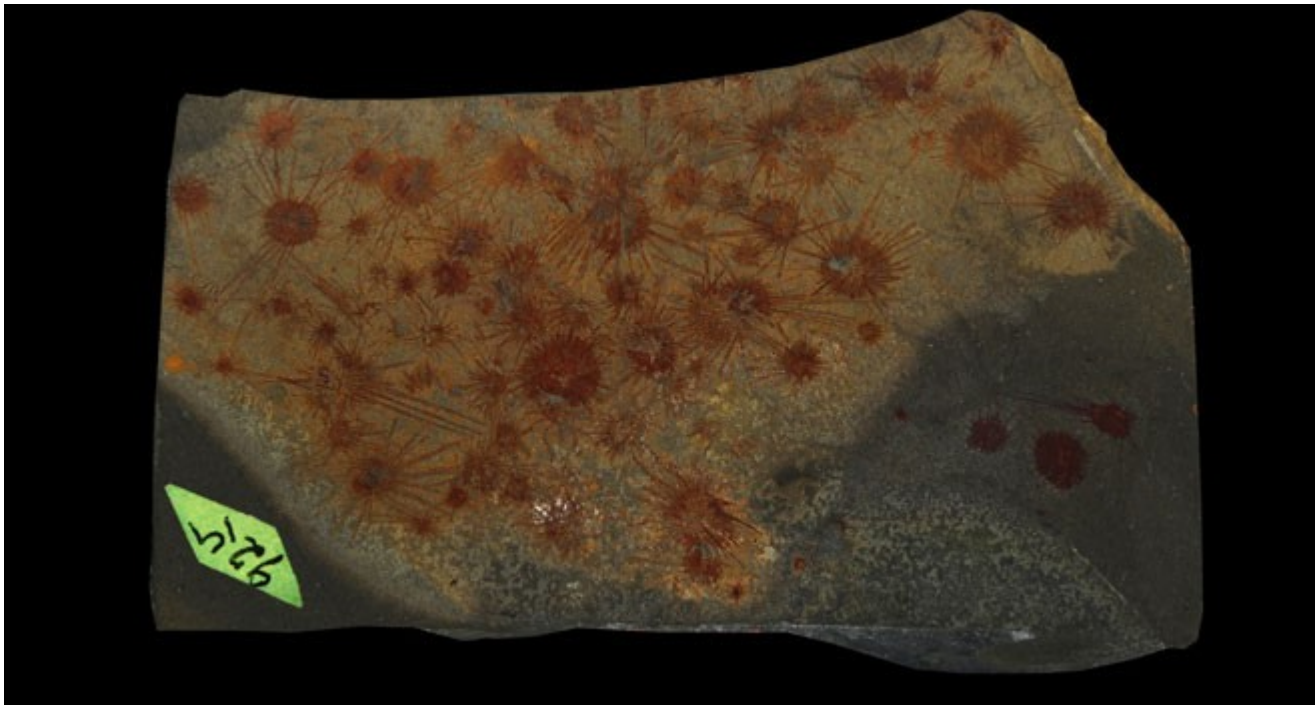


**Burgess Quarry dnes**



**Locality: Yoho  
National Park,  
Canadian Rockies,  
southern British  
Columbia, Canada  
Stratigraphy:  
Stephen Formation  
Age: Late Middle  
Cambrian. ca 505 Ma**





*Choia ridleyi*, Porifera

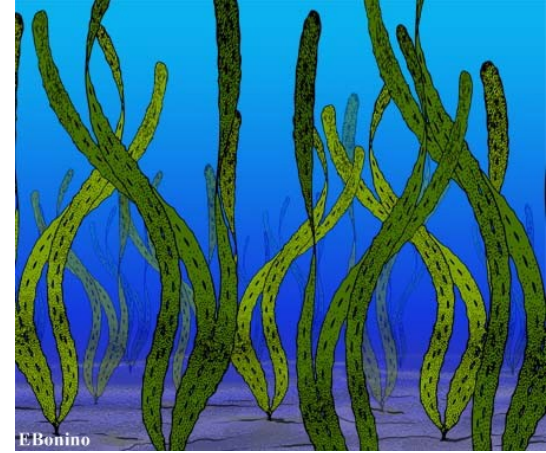
stř. Cm, Burgess Shales

? Chlorophyta



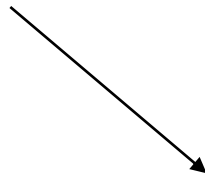
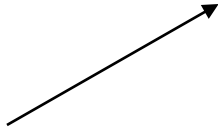
*Margaretia dorus* (Wal.)

(Pozn. pův. Octocorallia)



EBonino

Porifera



*Diagonella* sp.  
(Porifera)



Adler

Burgesské  
břidlice (stř. kambrium)



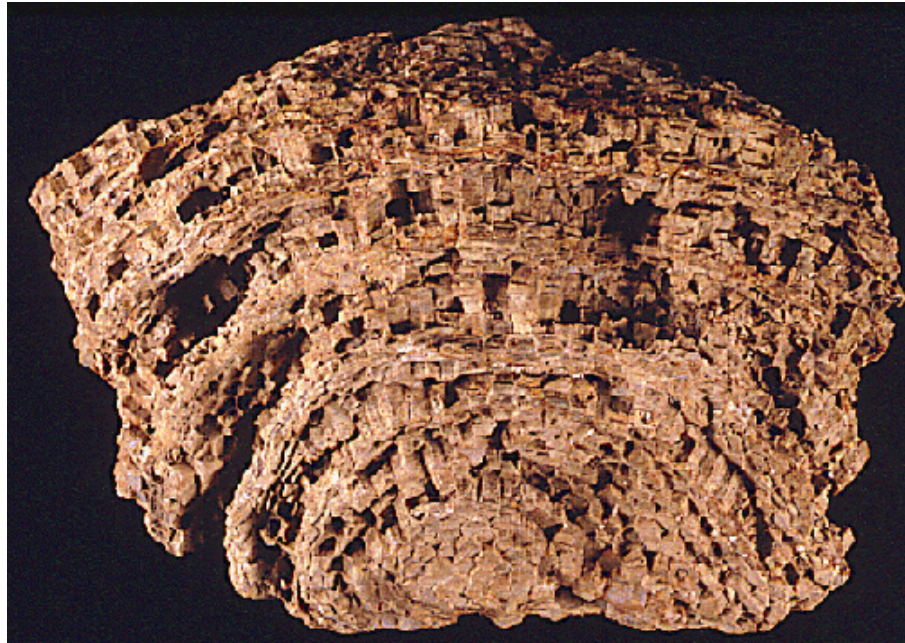
*Choia* sp.  
(Desmospongia)



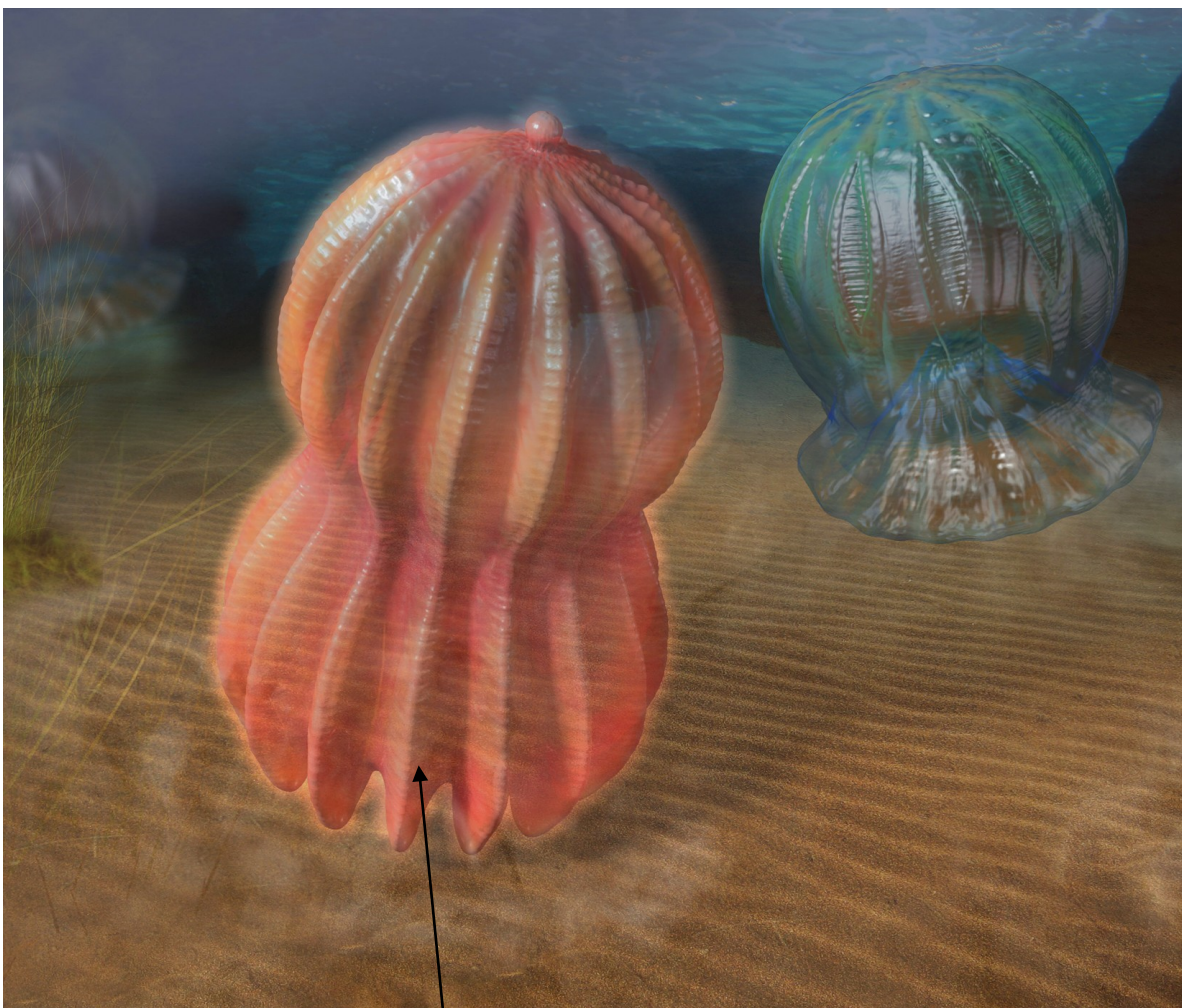


*Ctenorhabdotus scapulus*, Ctenophora

stř. Cm, Burgess Shales



*Moorowipora*  
*chamberensis*,  
dosud považovaná  
za nejstarší tabulata,  
Cm, jižní Austrálie

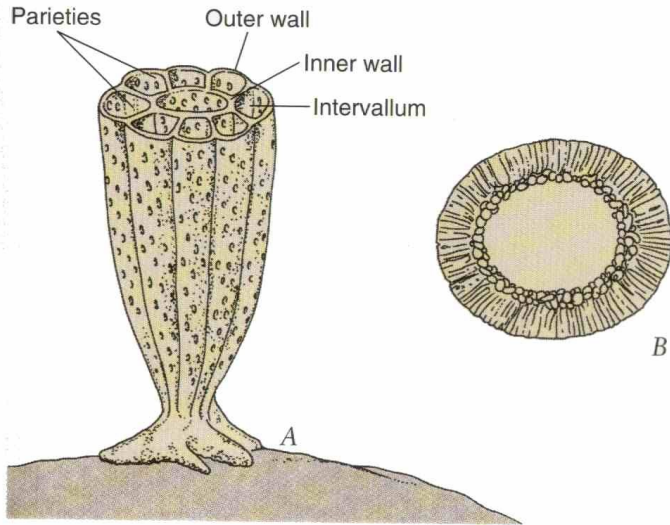


*Martianoascus*

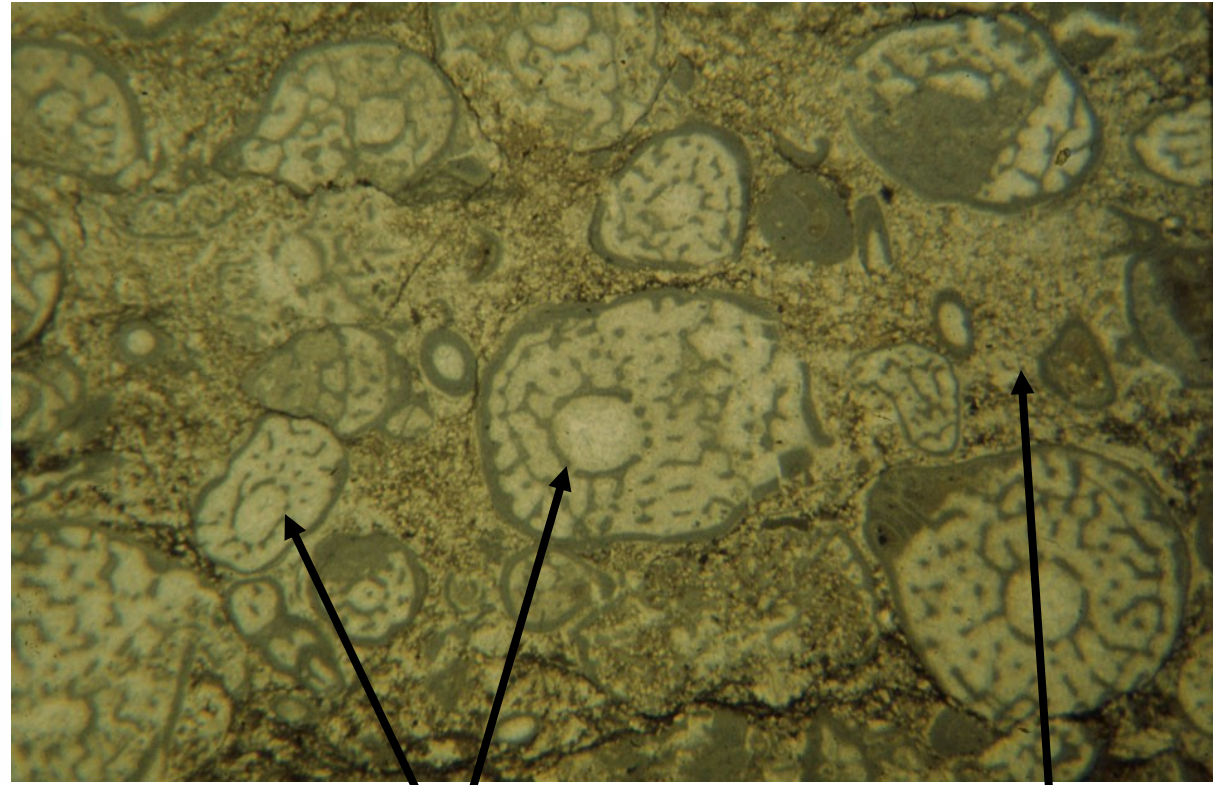
medúza ??

stř. Cm, Burgess Shales

# Archeocyāti (příbuzní živočišných hub) – stavitelé spodnokambrických útesů



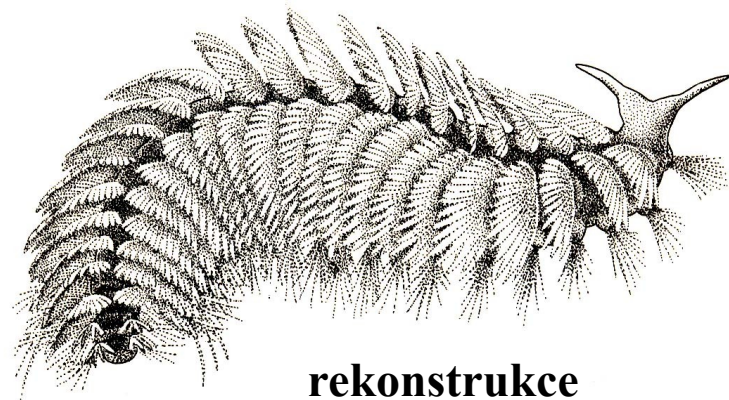
**FIGURE 10-25** The archaeocyathan skeleton. (A) Longitudinally fluted cup of an archaeocyathan, about 6 cm in height. (B) Transverse section of a nonfluted archaeocyathan having closely spaced parietes and vesicular inner wall. (Maximum diameter is 4 cm.)



**Řez biohermou archeocyátů s mezerní hmotou kalcimikrobů, spodní kambrium, lemdadské souvrství, Vys. Atlas, Maroko**



*Canadia spinosa*, Annelida



rekonstrukce

stř. Cm, Burgess Shales



*Selkirkia columbia*, Priapulida



rekonstrukce

stř. Cm, Burgess Shales





***Halucigenia*, Lobopodia (fossil tax.),  
blížkost k červům ?**



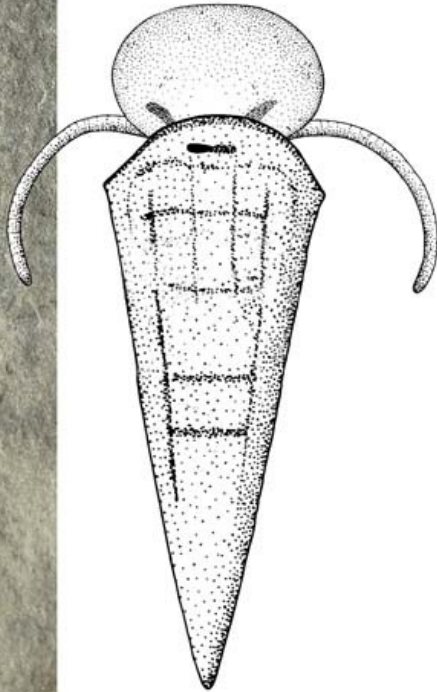
**rekonstrukce**

**stř. Cm, Burgess Shales**

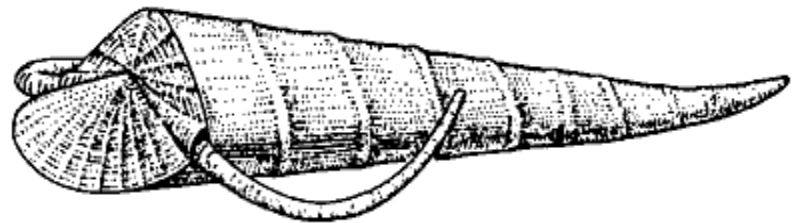
**Hyolitha**, mořští, dnes k měkkýšům,  
rozvoj v kambriu, vymírají ve stř. permu



*Hyolithes* sp.,  
kambrium, Utah



*Haplopherensis reesei*,  
kambrium, Utah





*Odontogriphus omalus*, Mollusca ?



stř. Cm, Burgess Shales



*Odontogriptus*

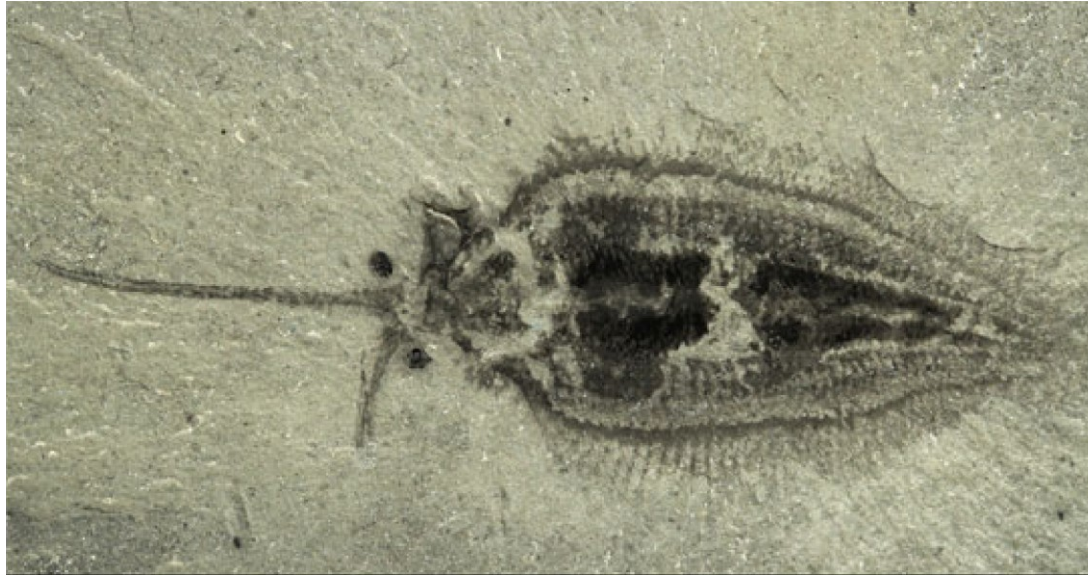
rekonstrukce



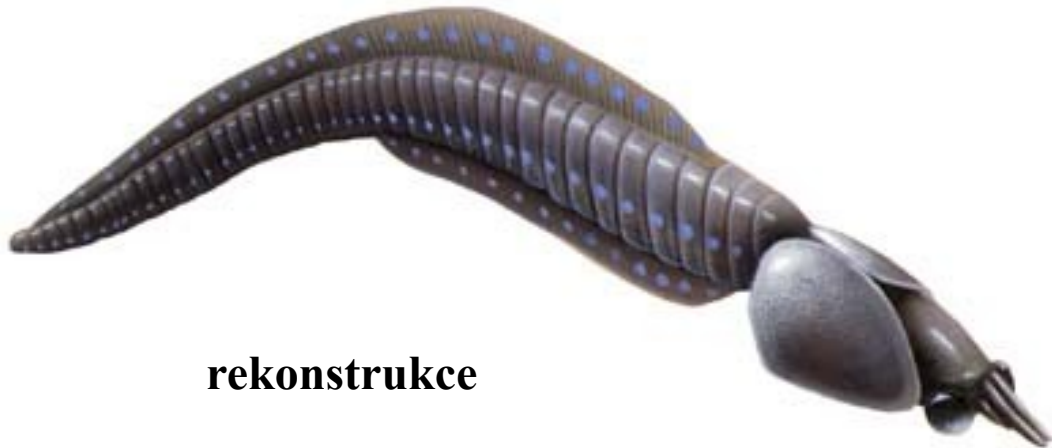
*Wiwaxia*, Mollusca stř. Cm, Burgess Shales



rekonstrukce



*Nectocaris*, Mollusca



rekonstrukce

stř. Cm, Burgess Shales



*Micromitra burgessensis*, Mollusca

stř. Cm, Burgess Shales

• **Brachiopoda:**

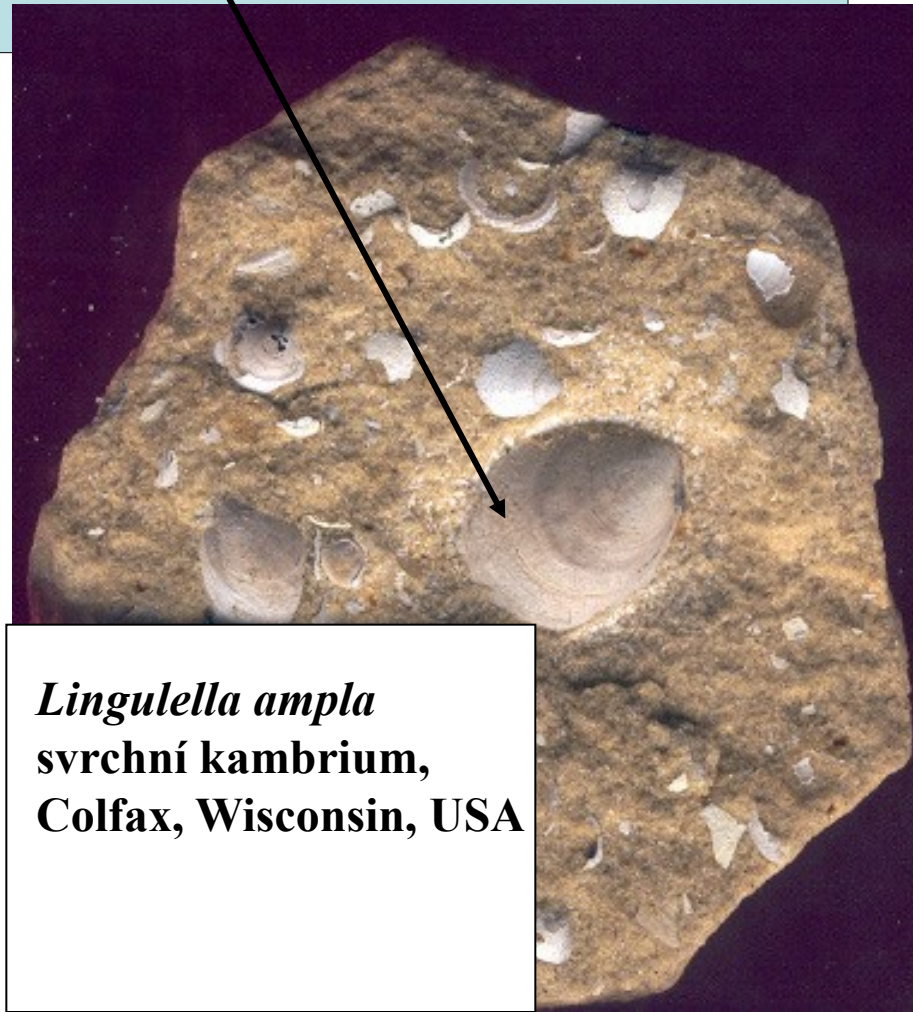
• Dvouchlopňová schránka, filtrátoři

• Dominantní skupina v kambriu jsou “**inartikulátní**” (bezoporní): < infauní formy se schránkami z fosforečnanu vápenatého a epifauní formy s Ca CO<sub>3</sub> schránkami)

• Nastupují i **artikulátní brachiopodi** (se zámek, epifauní, kalcitové schránky)



*Bohemiella romingeri*, Skryje,  
střední kambrium, barrandien.



*Lingulella ampla*  
svrchní kambrium,  
Colfax, Wisconsin, USA





*Portalia mira*, inc. sed.

stř. Cm, Burgess Shales



*Aisheaia pedunculata*, Onychophora



rekonstrukce

stř. Cm, Burgess Shales



*Naraoia compacta*, Arthropoda

str. Cm, Burgess Shales

## Trilobita



*Sao hirsuta*, střední kambrium, Skryje



*Conocoryphe sulzeri*, střední kambrium, Jince, barrandien



*Olenellus fowleri*,  
Spodní kambrium,  
Lincoln County,  
Nevada

*Ptychoparia striata*  
střední kambrium  
Jince, barrandien



# Členovci



*Canadaspis*



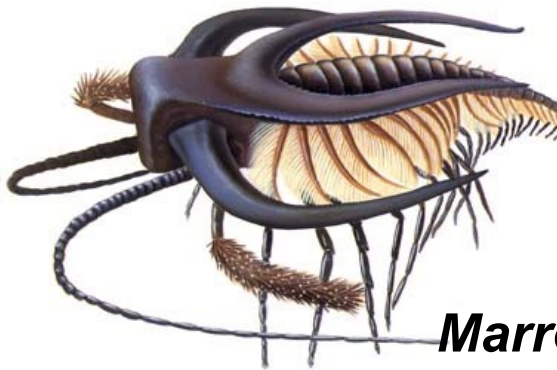
*Anomalocaris*



*Sanctacaris*



*Yohoia*



*Marrella*



*Opabinia*



*Anomalocaris*, Arthropoda

stř. Cm, Burgess Shales



*Opabinia*, Arthropoda



*Diania*, rekonstrukce

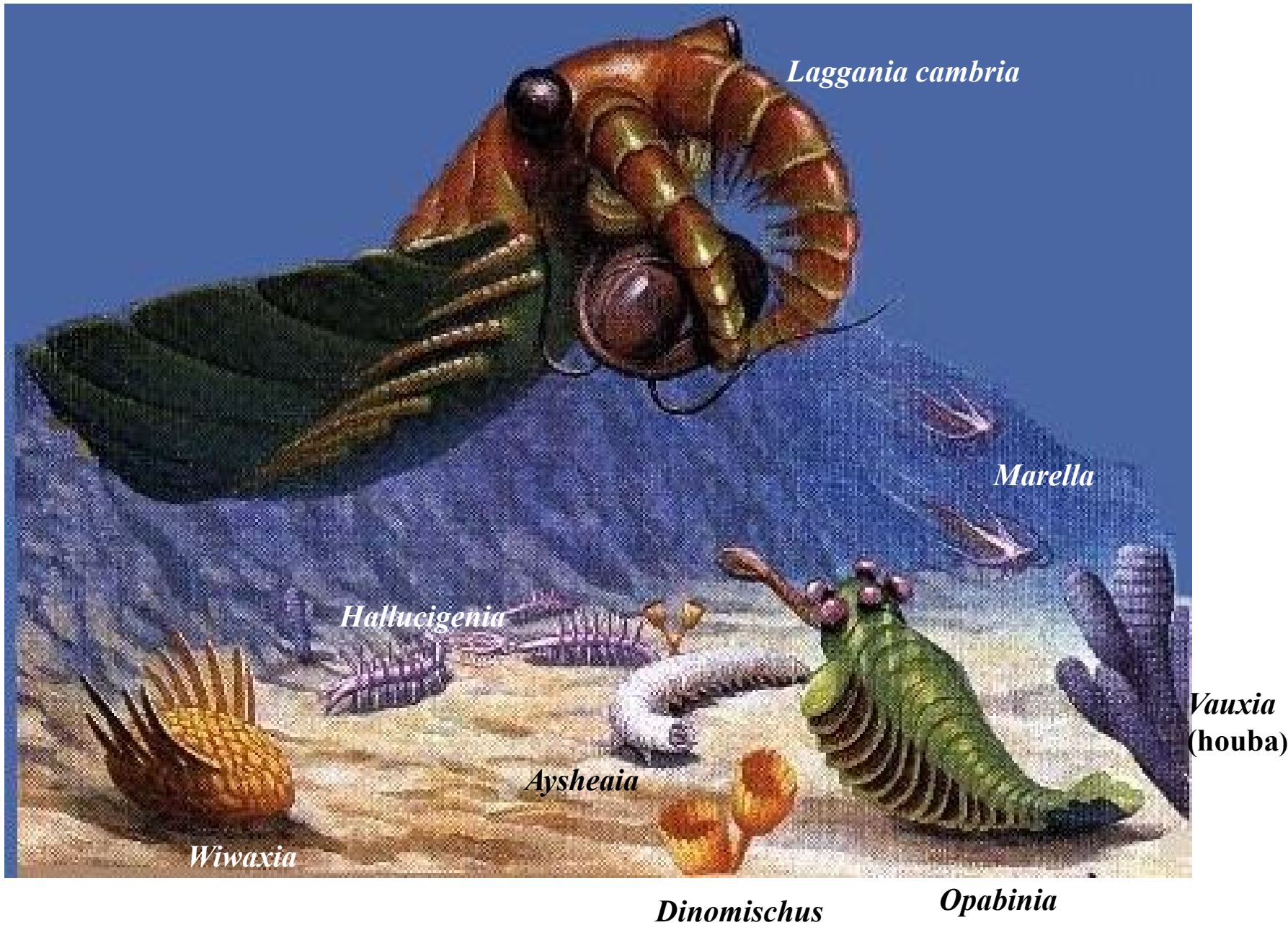
stř. Cm, Burgess Shales





*Anomalocaris*, Arthropoda

Rekonstrukce života během sedimentace burgesských břidelic (střední kambrium, Britská Kolumbie)



*Laggania cambria*

*Marella*

*Hallucigenia*

*Vauxia*  
(houba)

*Wiwaxia*

*Aysheaia*

*Dinomischus*

*Opabinia*



*Laggania cambria* (Anomalocarida) – model přední části z ventrálního pohledu



***Hurdia*, Anomalocarida**



*Fuxianhuia protensa*  
**Hou, 1987**

Arthropoda, Chelicerata

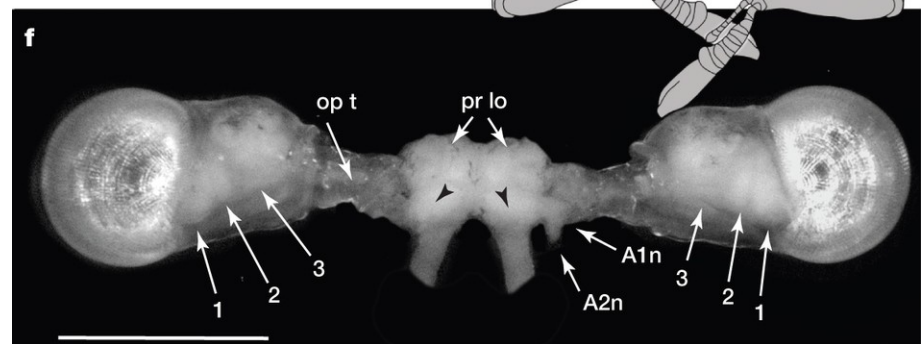
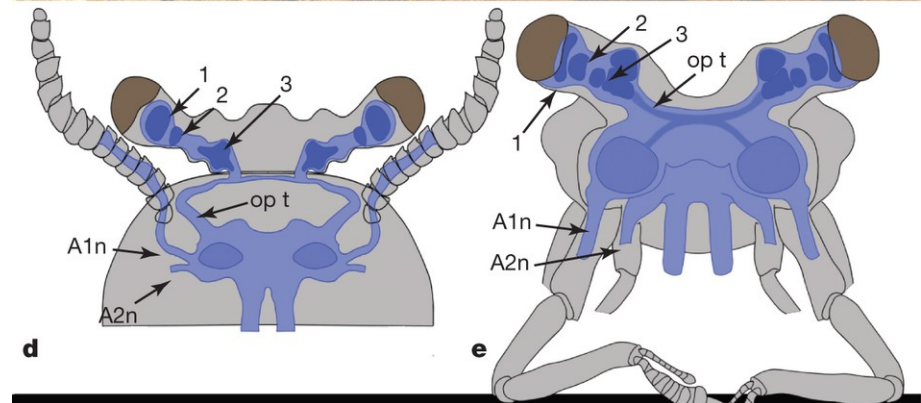
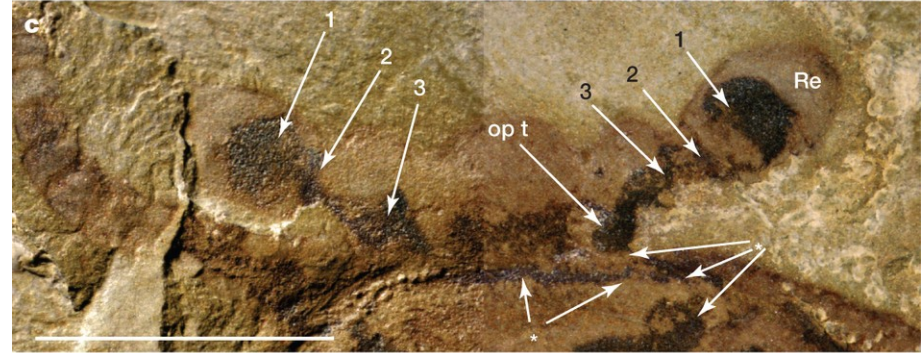
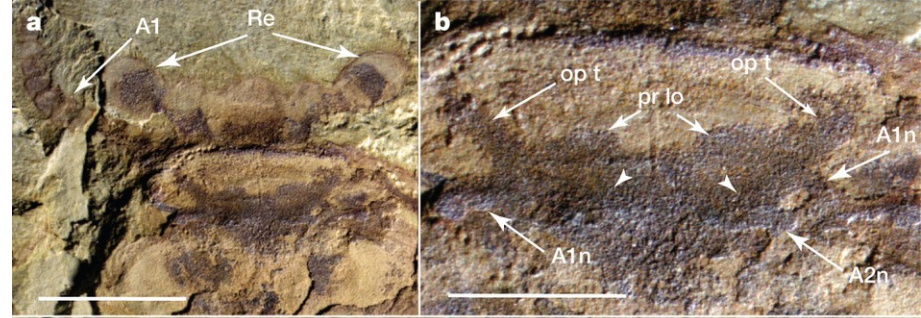
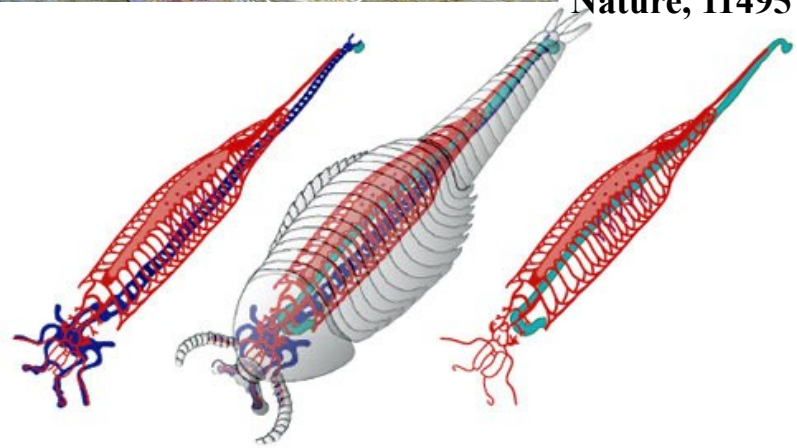
sp. kambrium (525 Ma)

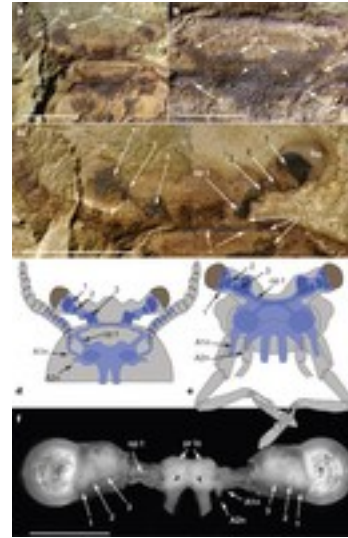
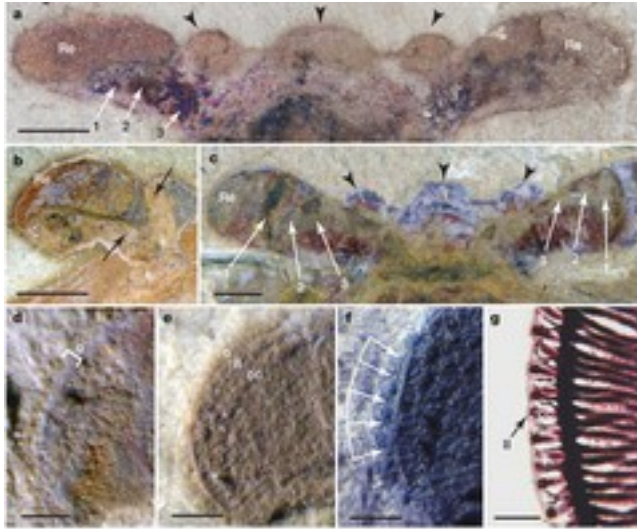
Chengjiang, Jün-nan

Čína,

nejstarší srdeční a  
 cévní systém doložený  
 fosilně

Nature, 11495 (2014)





The nervous system provides a fundamental source of data for understanding the evolutionary relationships between major arthropod groups. Fossil arthropods rarely preserve neural tissue. As a result, inferring sensory and motor attributes of Cambrian taxa has been limited to interpreting external features, such as compound eyes or sensilla decorating appendages, and early-diverging arthropods have scarcely been analysed in the context of nervous system evolution. Here we report exceptional preservation of the brain and optic lobes of a stem-group arthropod from 520 million years ago (Myr ago), *Fuxianhuia protensa*, exhibiting the most compelling neuroanatomy known from the Cambrian. The protocerebrum of *Fuxianhuia* is supplied by optic lobes evidencing traces of three nested optic centres serving forward-viewing eyes. Nerves from uniramous antennae define the deutocerebrum, and a stout pair of more caudal nerves indicates a contiguous tritocerebral component. *Fuxianhuia* shares a tripartite pre-stomodeal brain and nested optic neuropils with extant Malacostraca and Insecta, demonstrating that these characters were present in some of the earliest derived arthropods. The brain of *Fuxianhuia* impacts molecular analyses that advocate either a branchiopod-like ancestor of Hexapoda or remipedes and possibly cephalocarids as sister groups of Hexapoda. Resolving arguments about whether the simple brain of a branchiopod approximates an ancestral insect brain or whether it is the result of secondary simplification has until now been hindered by lack of fossil evidence. The complex brain of *Fuxianhuia* accords with cladistic analyses on the basis of neural characters, suggesting that Branchiopoda derive from a malacostracan-like ancestor but underwent evolutionary reduction and character reversal of brain centres that are common to hexapods and malacostracans. The early origin of sophisticated brains provides a probable driver for versatile visual behaviours, a view that accords with compound eyes from the early Cambrian that were, in size and resolution, equal to those of modern insects and malacostracans.



*Fuxianhuia*, Arthropoda



***Herpetogaster*, ? červi, ? hvězdice  
rekonstrukce**



# Neznámá (?) příbuznost



*Dinomischus*

• **Echinodermata** (ostnokožci):

- Druhoústí s 5-ti čtenou symetrií, vápnitými schránkami, speciální rozvod vody (ambulakrální soustava)
- Většina kambrických ostnokožců měla stonek (přísedlí)



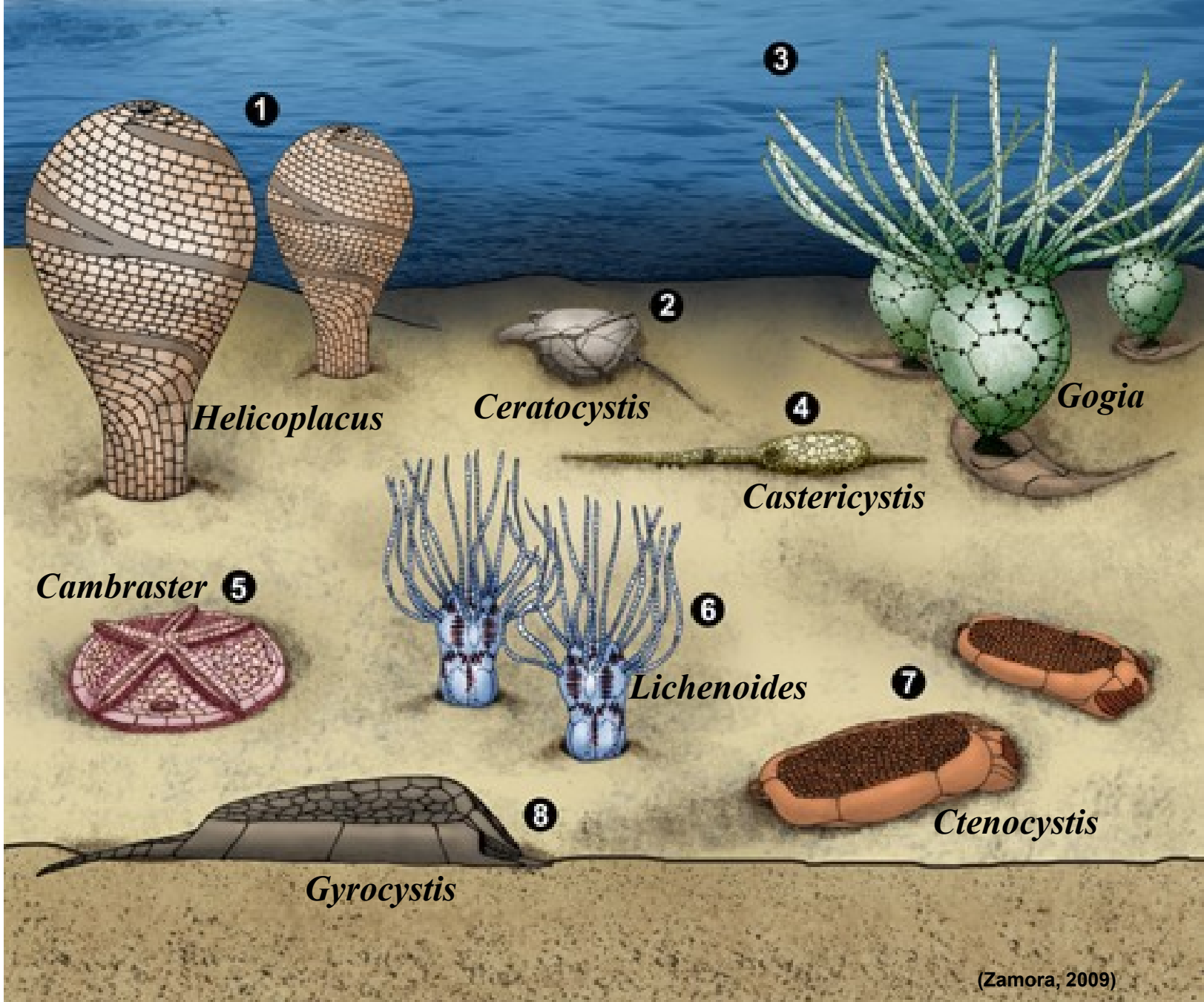
***Gogia* sp., stř. kambrium, House Range, Utah.**

**Eocrinoidea (kambrium-silur) patří k časným zástupcům ostnokožců.**



*Echnatocrinus capulus*, Echinodermata

stř. Cm, Burgess Shales



- 1 Helicoplacoidea
- 2 Stylophora
- 3 Eocrinoidea
- 4 Soluta
- 5 Edrioasteroidea
- 6 Eocrinoidea
- 7 Ctenocystoidea
- 8 Cineta

*Helicoplacus*

*Ceratocystis*

*Castericystis*

*Gogia*

*Cambraster*

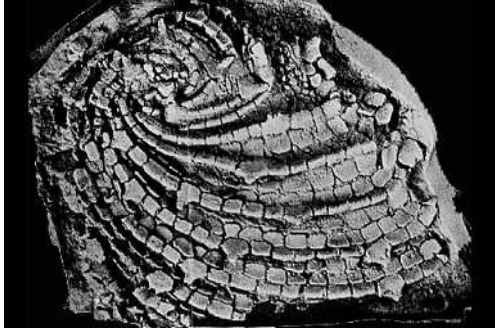
*Lichenoides*

*Ctenocystis*

*Gyrocystis*

(Zamora, 2009)

**Pohled na společenstvo echinodermat v kambrickém moři**



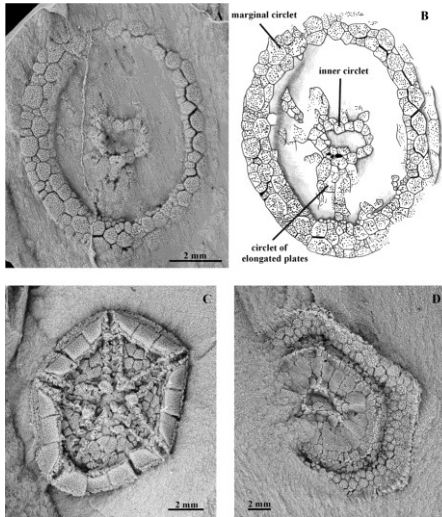
*Helicoplacus*, sp. Cm



*Ceratocystis*, Cm



*Gogia*, Cm, Utah



*Cambraster*, Cm

Dtto předcházející  
slajd - fosílie



*Castericystis*, stř. Cm



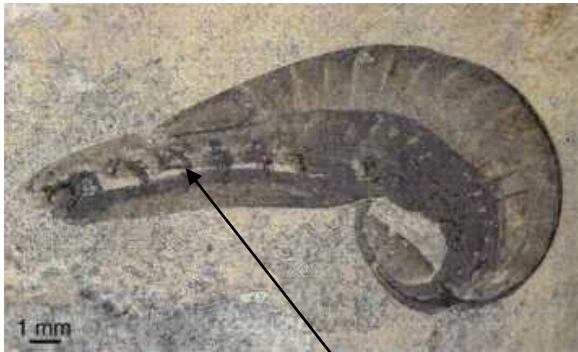
*Gyrocystis*, Cm



*Lichenoides*, Cm



*Ctenocystis*, Cm, Utah

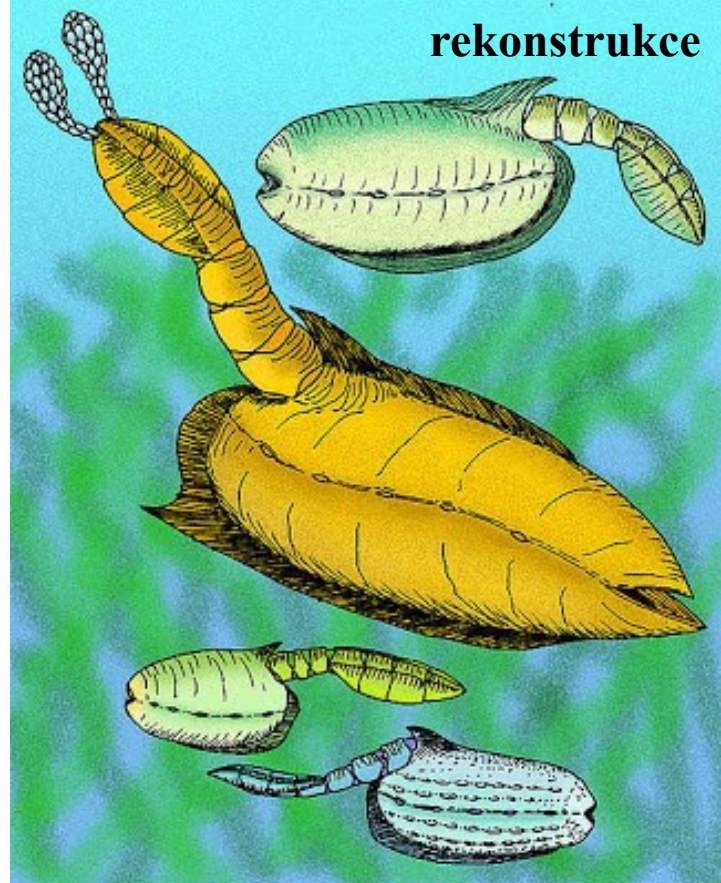


**Yunnanozoon**

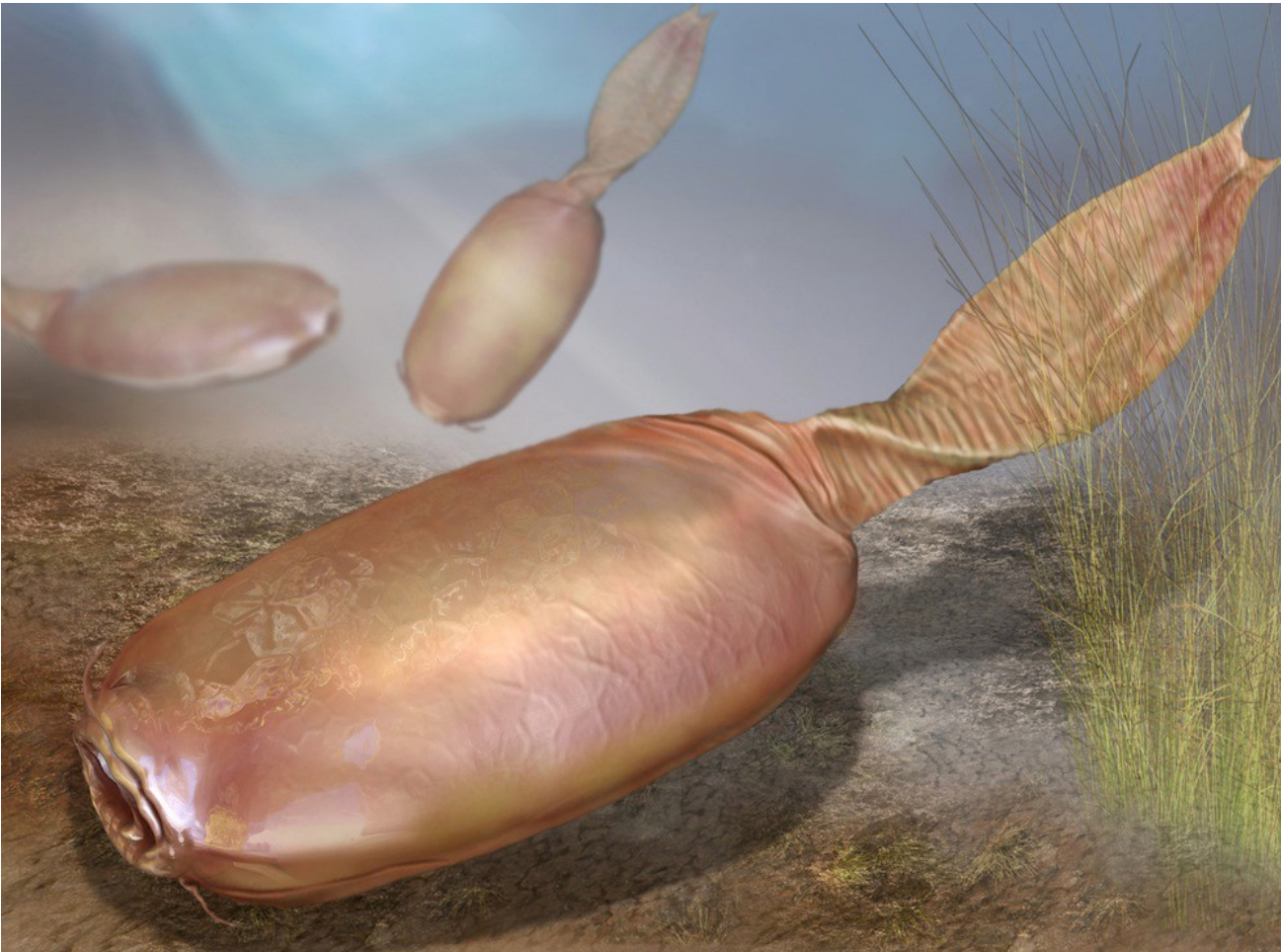
**Vetulicolia – spodní kambrium, Čína,  
nový kmen živočichů  
blízký předkům strunatců (žaberní  
štěrbiny etc.), detritofágní nekton,**



**Three vetulicolians. Front to back: Vetulicola, Xidazoon, Didazoon**



*Banffia constricta*, Vetulicolia,  
Burgess Shales, stř. Cm



***Banffia*, jiná možná rekonstrukce**





***Cheungkongella*, Tunicata, sp. Cm, Čína, Chengjiang**

# Nejstarší doložená akrania

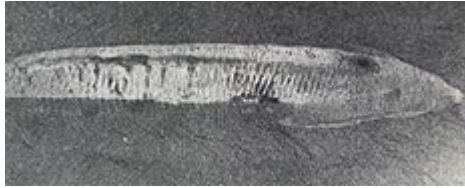
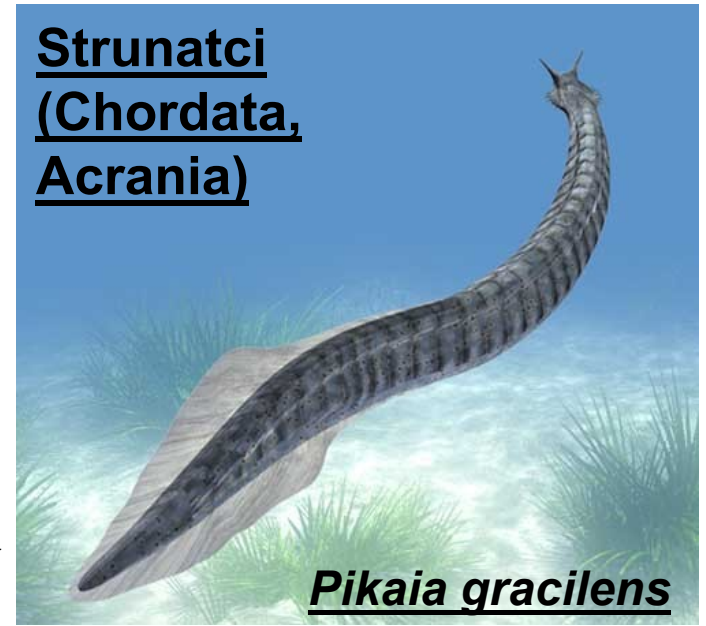


foto z burgesských břidlic

*Pikaia gracilens*, Burgess Pas,  
Kanada, stř. Cm

## Strunatci (Chordata, Acrania)

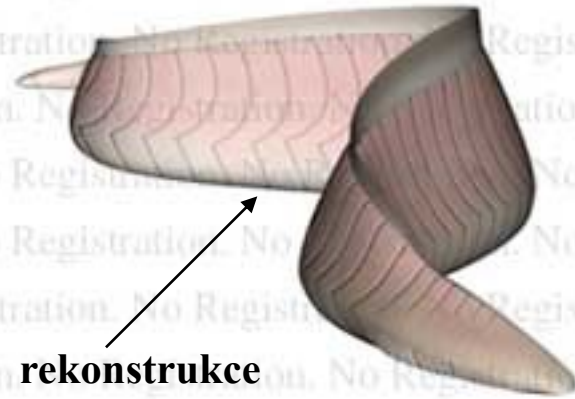


*Pikaia gracilens*

rekonstrukce



foto



rekonstrukce

(c) A.Sugishita, GeoScienceRC,

*Cathaymyrus diadectus*, sp. Cm, Jünan, Čína



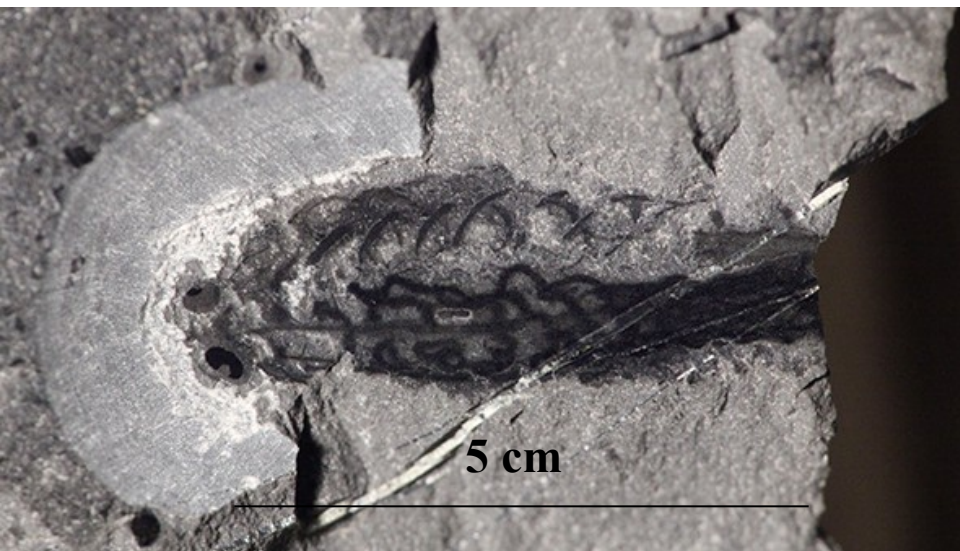
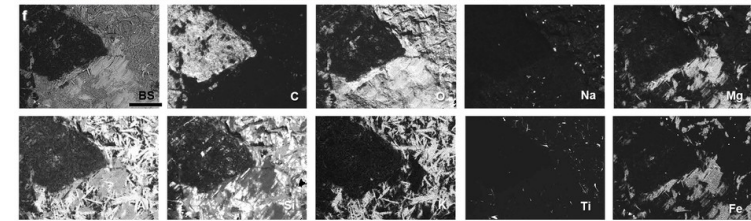
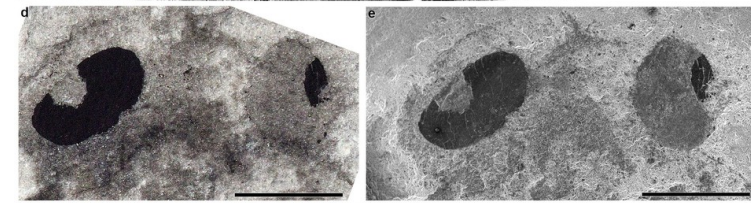
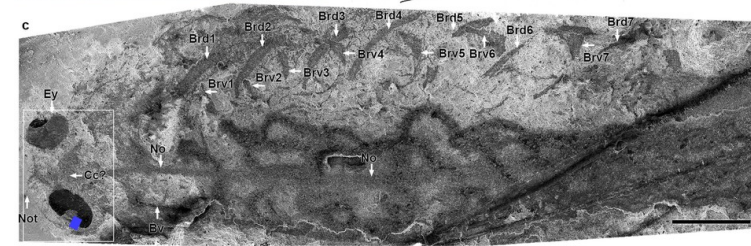
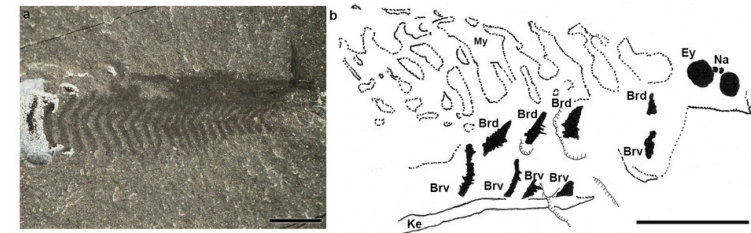
***Pikaia gracilens*, Chordata**

**stř. Cm, Burgess Shales**



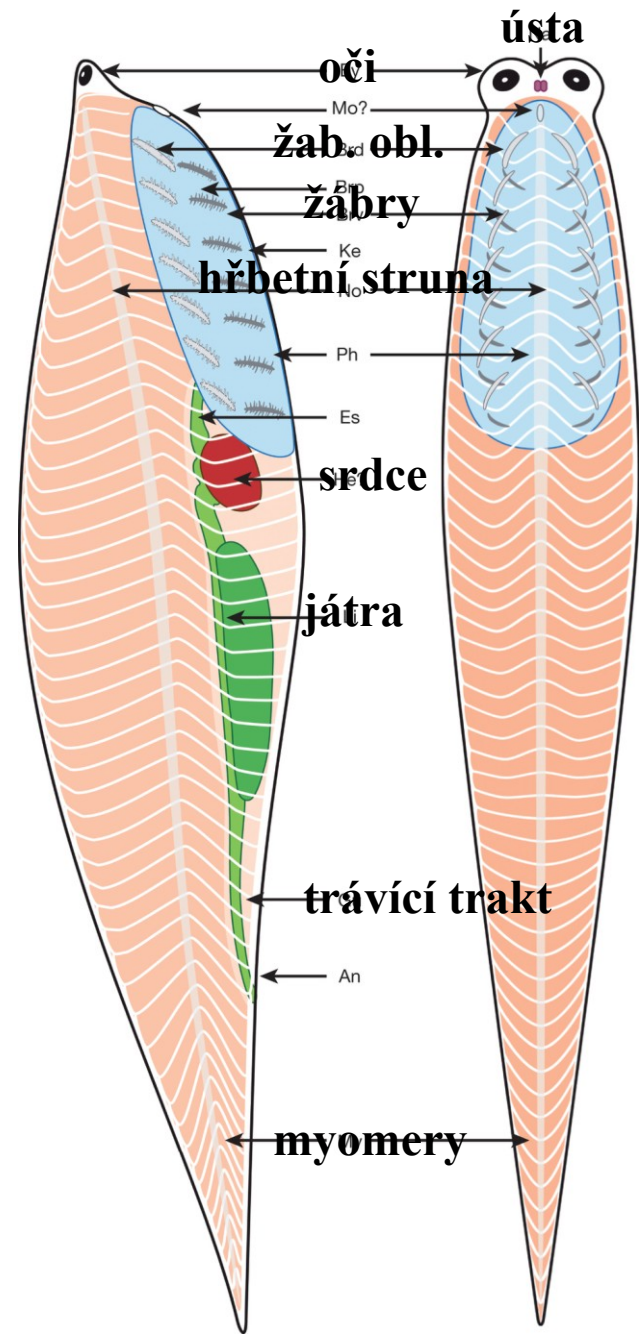
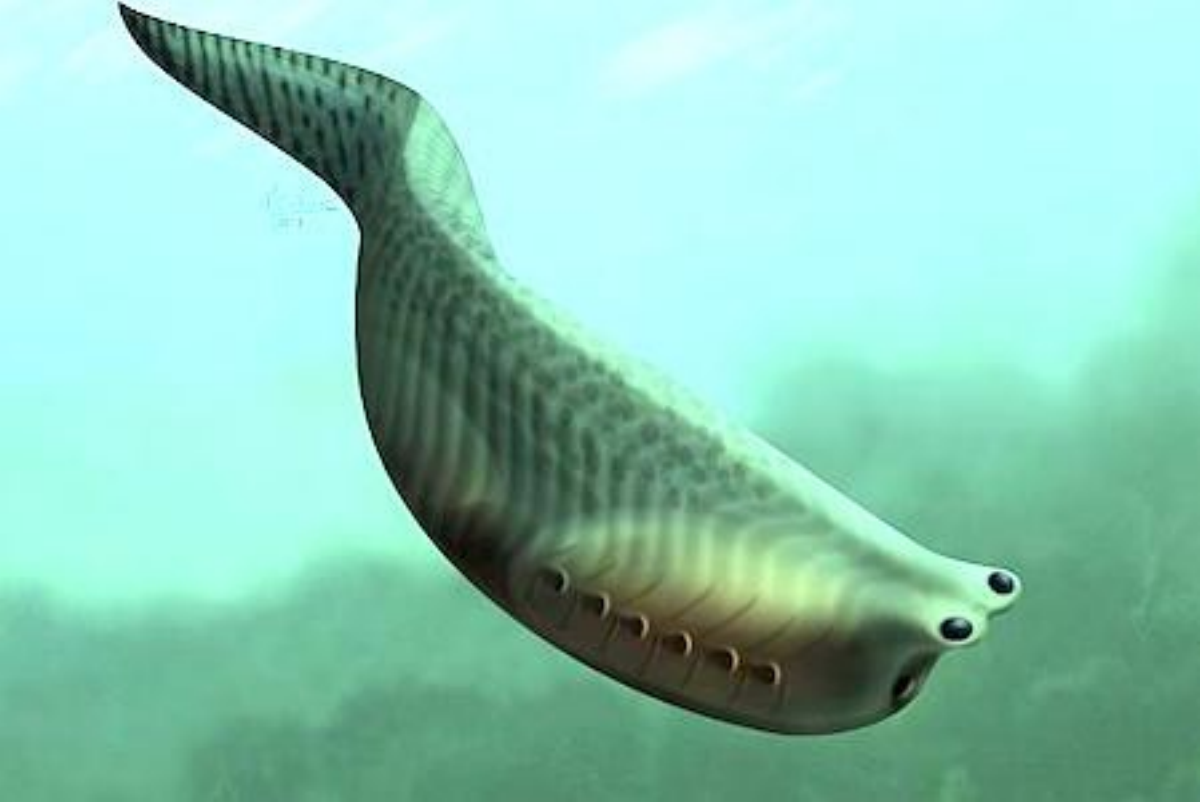
*Pikaia*

rekonstrukce



***Metaspriggina walcotti*, Chordata,  
Craniata, Burgess Shale,  
sp. kambrium, 510 Ma**

**+ notochord**



**Dtto, interpretace živočicha a jeho stavba**

# Vertebrata

nastupují rovněž už ve  
sp. Cm.

*Myllokunmingia* jeví  
podobnosti s recentními  
sliznatkami

*Haikouichthys* pak spolu s  
eukonodonty je řazena na  
počátek nástupu  
bezčelistnaticů (Agnatha)



*Myllokunmingia fengjiana*, Haikou, Čína, sp. Cm



rekonstrukce



otisk

*Haikouichthys ercaicuensis*, Haikou, Čína, sp. Cm



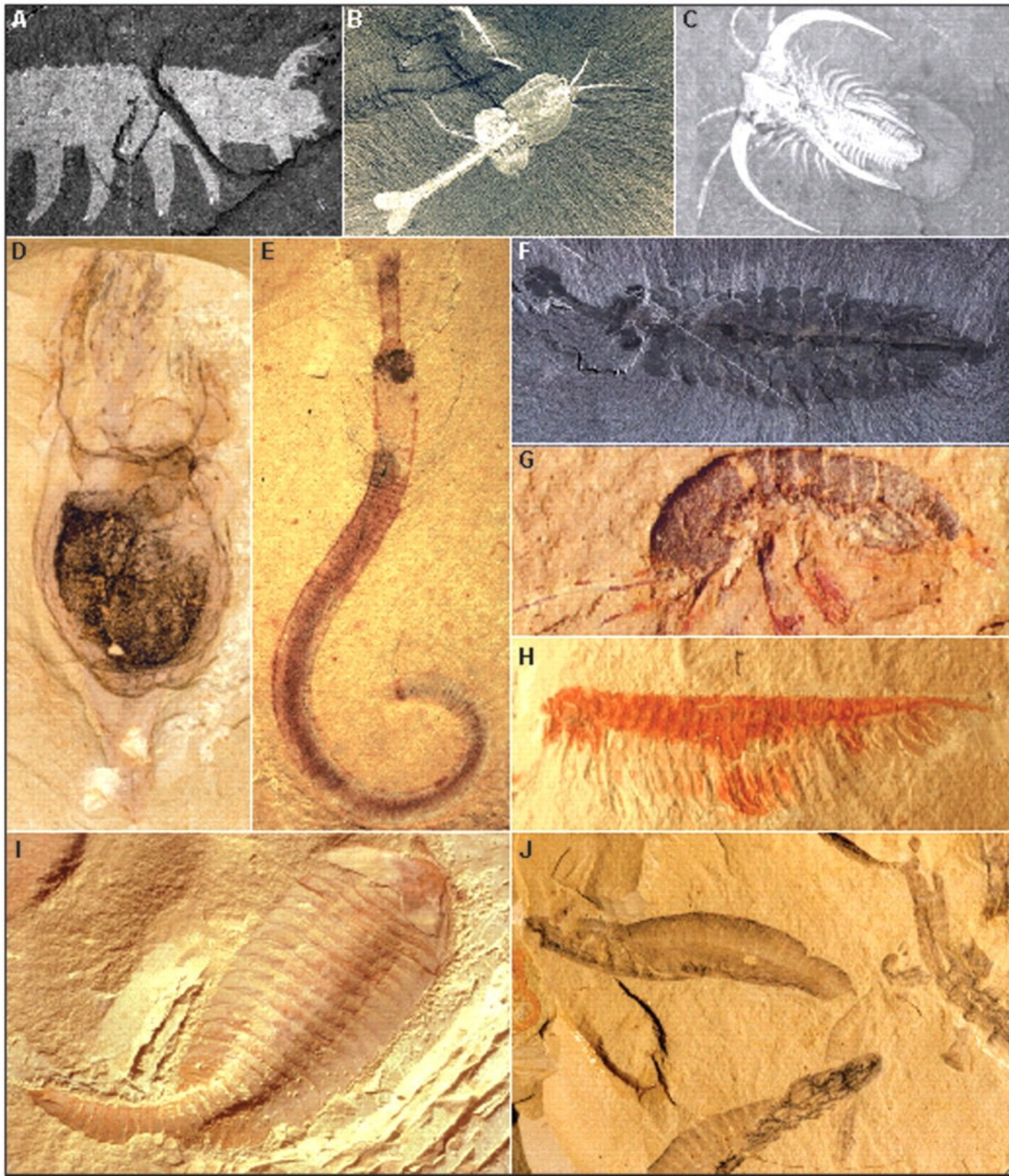
*Myllokunmingia*, chordata



# Stavební plány burgesských živočichů

- (A) Onycophoran: *Aysheaia pedunculata*;  
(B) arthropod: *Waptia fieldensis*;  
(C) arthropod: *Marrella splendens*;  
(D) possible ascidian: *Phlogites*;  
(E) priapulid: *Maotianshania cylindrica*;  
(F) pan-arthropod: *Opabinia regalis*;  
(G) arthropod: *Leanchoilia illecebrosa*;  
(H) arthropod: *Jianfengia multisegmentalis*;  
(I) arthropod: *Fuxianjuia protensa*;  
(J) chordate: *Haikouella lanceolata*;

[(A) to (C)] and (F) are from  
D. H. Erwin, Smithsonian Institution;  
(D), (E),  
and [(G) to (J)] are courtesy of J.-Y. Chen,  
Nanjing Institute of Geology and  
Palaeontology,  
China (13).



# Relative Abundance of Different Lifestyles in the Burgess Shale (in % of Species)

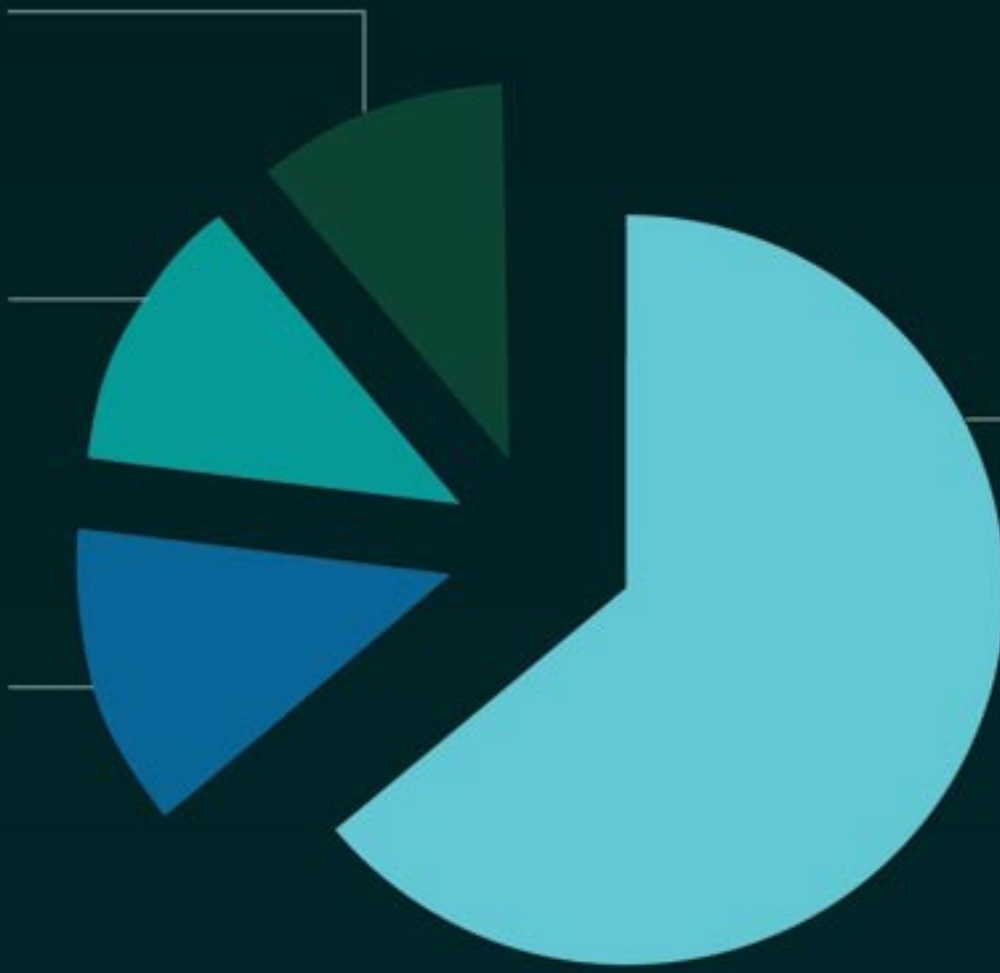
Nektonic 11%  
e.g. *Anomalocaris*



Nektobenthic 12%  
e.g. *Marrella*



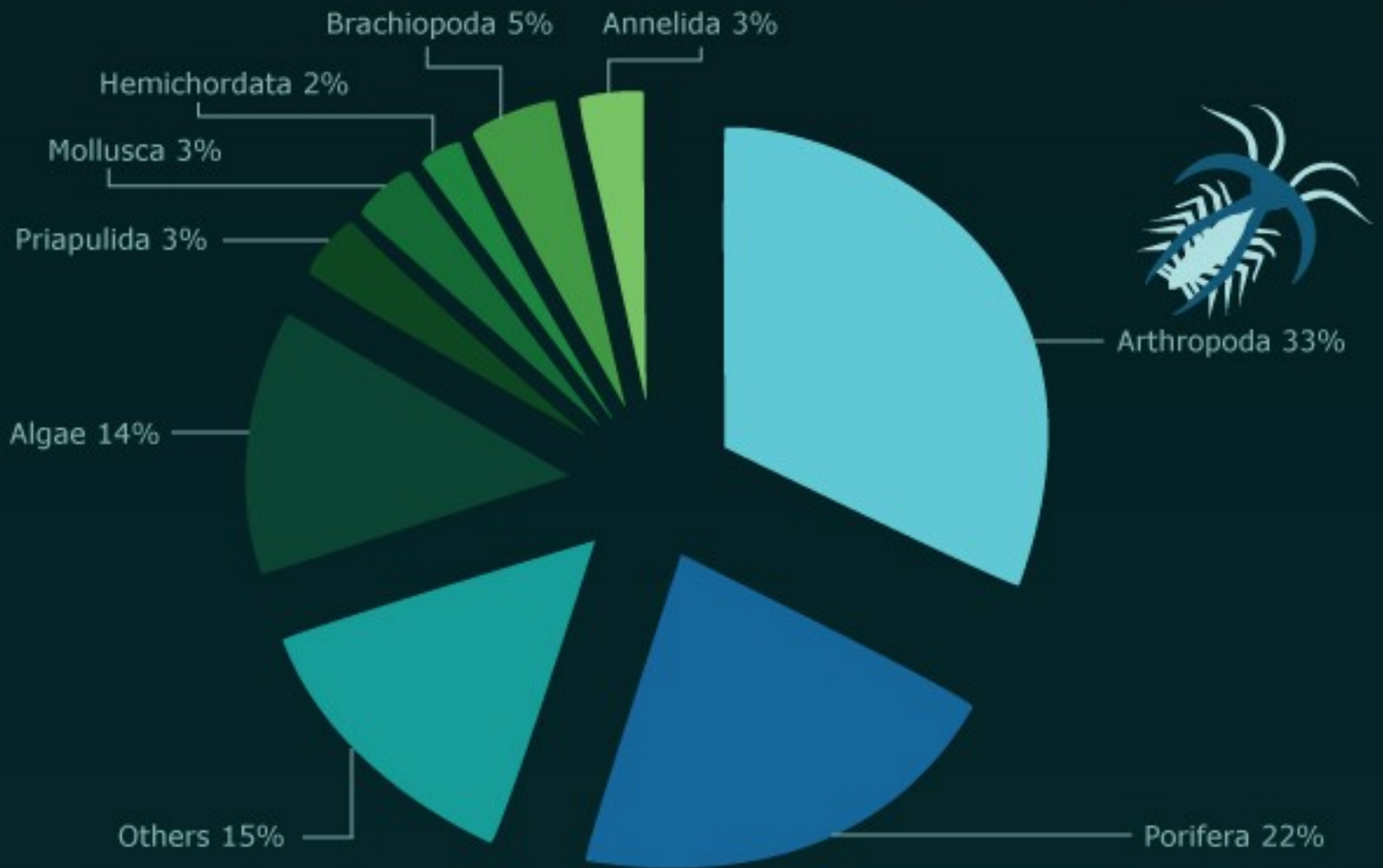
Endobenthic 13%  
e.g. *Ottoia*



Epibenthic 64%  
e.g. *Wiwaxia*



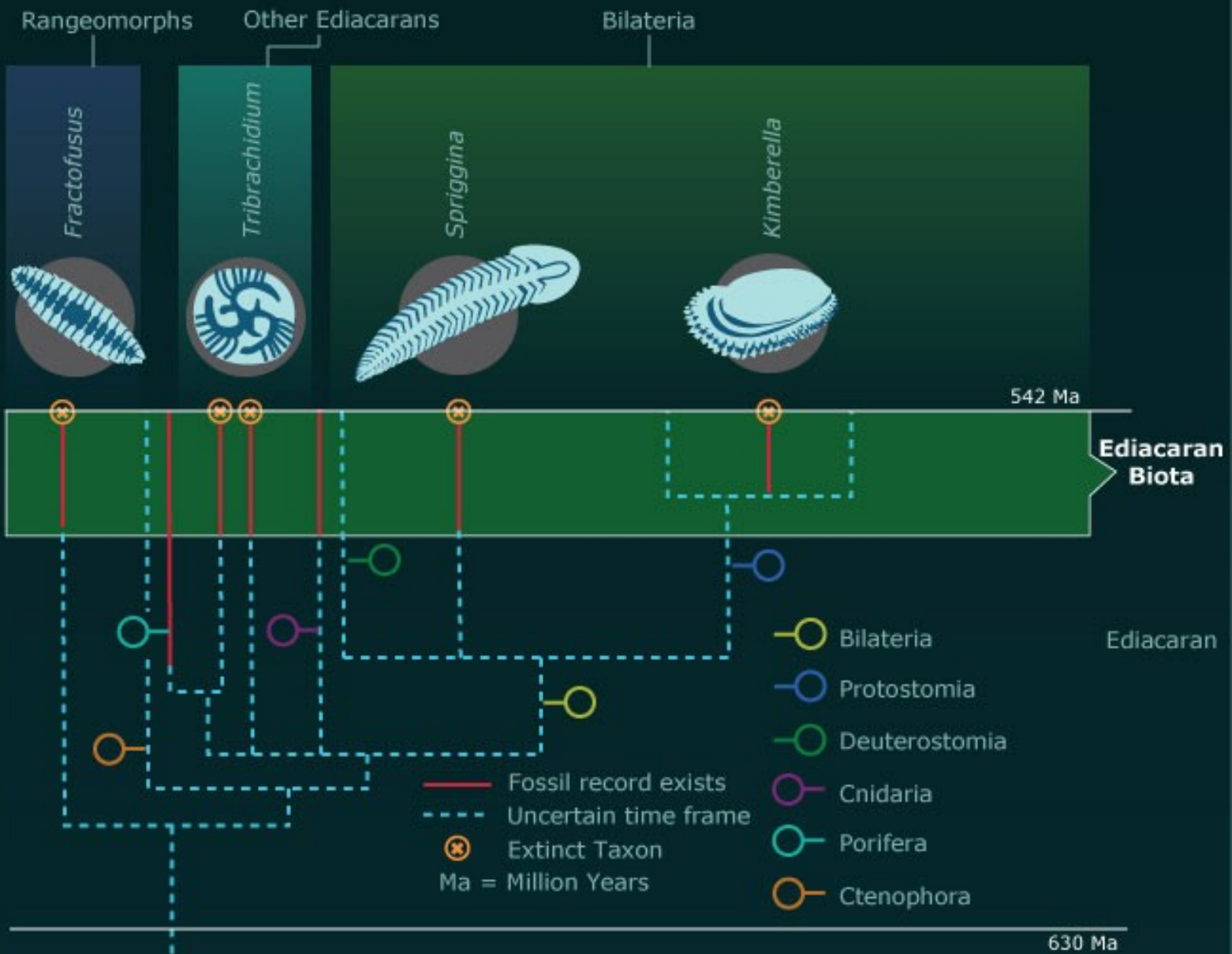
# Relative Abundance of Species in the Burgess Shale (Walcott Quarry)



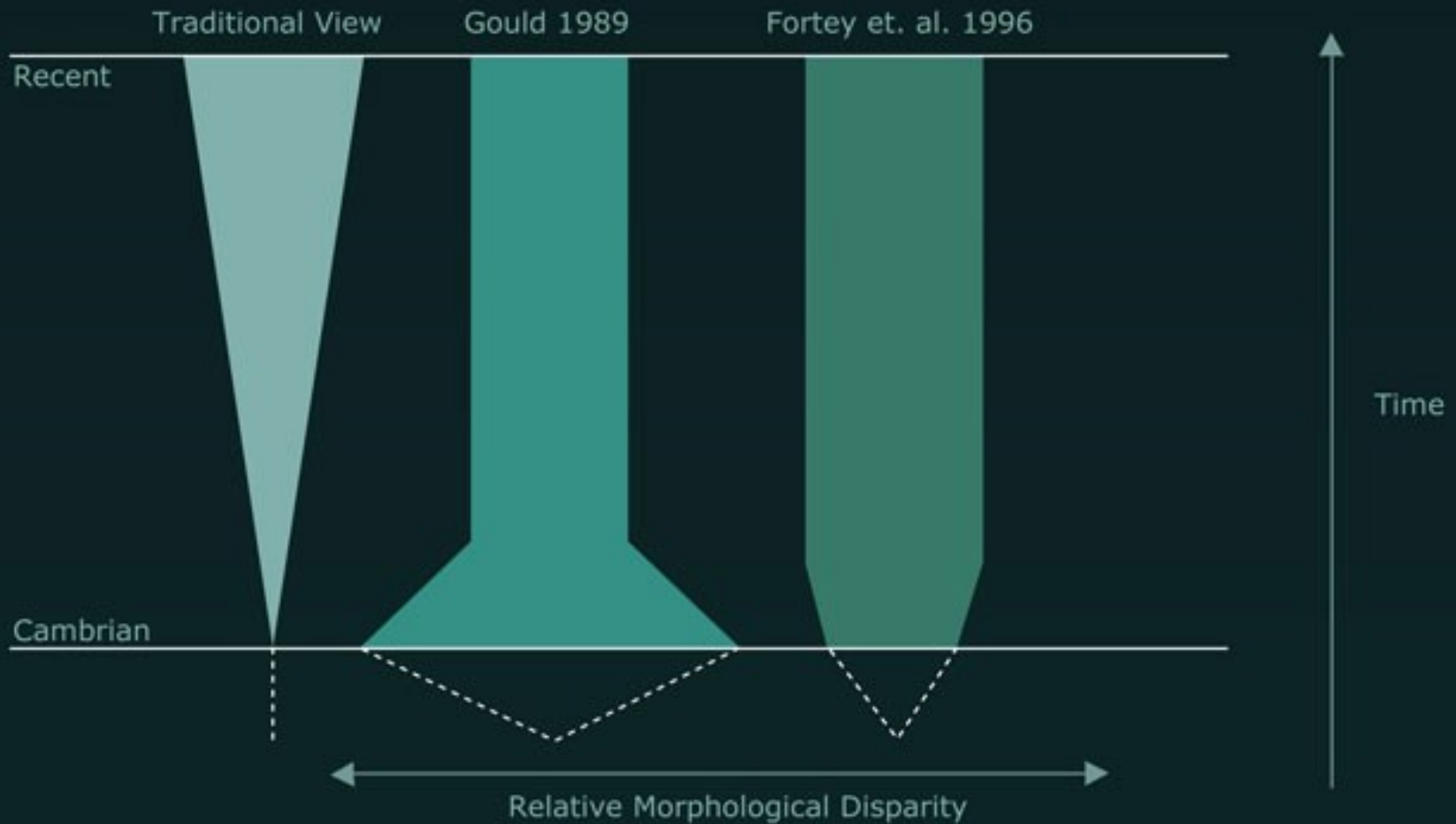
Number of Species = 153

© Royal Ontario Museum

# Early Branches of the Tree of Animal Life



# Models of Relative Morphological Disparity Over Time



488

**K A M B R I U M**

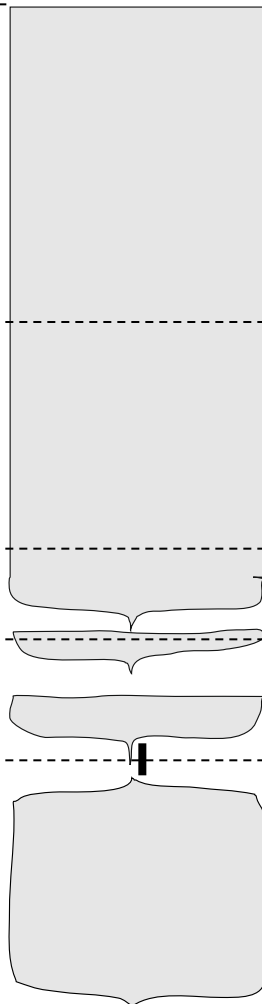
svrchní

střední

spodní

530

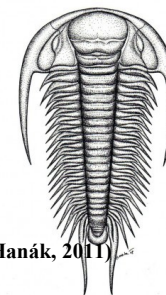
542



**radiace velkých organismů**



**dominance trilobitů**



(Hanák, 2011)

„kambrická exploze“

**tommotská fauna**



**archaocyath. rify**



**stopy + drobné sklerity**



**ediakarská fauna**



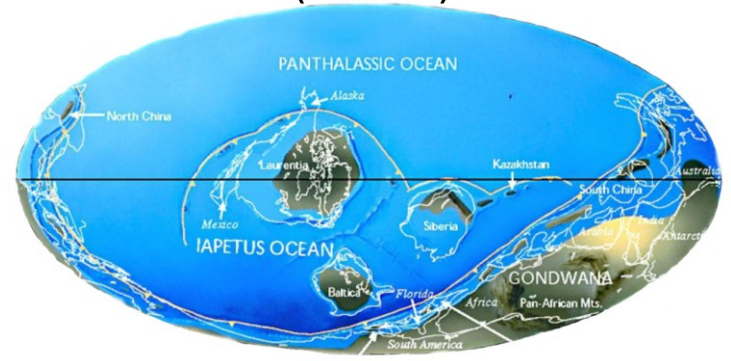
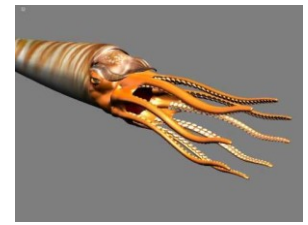
**Významné bioeventy v biosféře kolem hranice Prz/Fnz**

K A M B R I U M

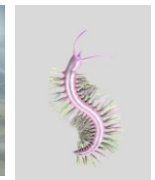
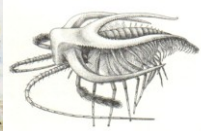
rozpad kontinentů

kaledonská o.

SPICE (Steptoean Positive C Isotop Exc.), anoxie, výrazné vymírání trilobitů a nautiloideí po ní nárůst O<sub>2</sub> v atm. na 30 % s.s. => nárůst života na Zemi (~ordovik)



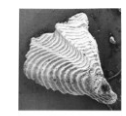
520 Ma, Burgess Shale



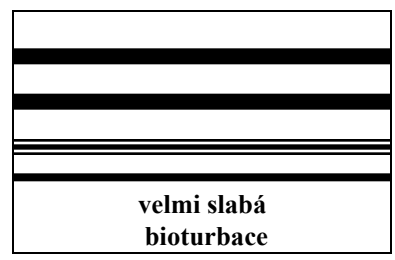
530 Ma, Chengjiang Sections



tommotská fauna

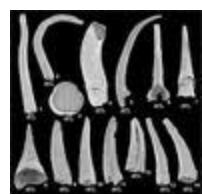


první velká radiace



velmi slabá bioturbace

drobné sklerity, rozvoj skeletonizace



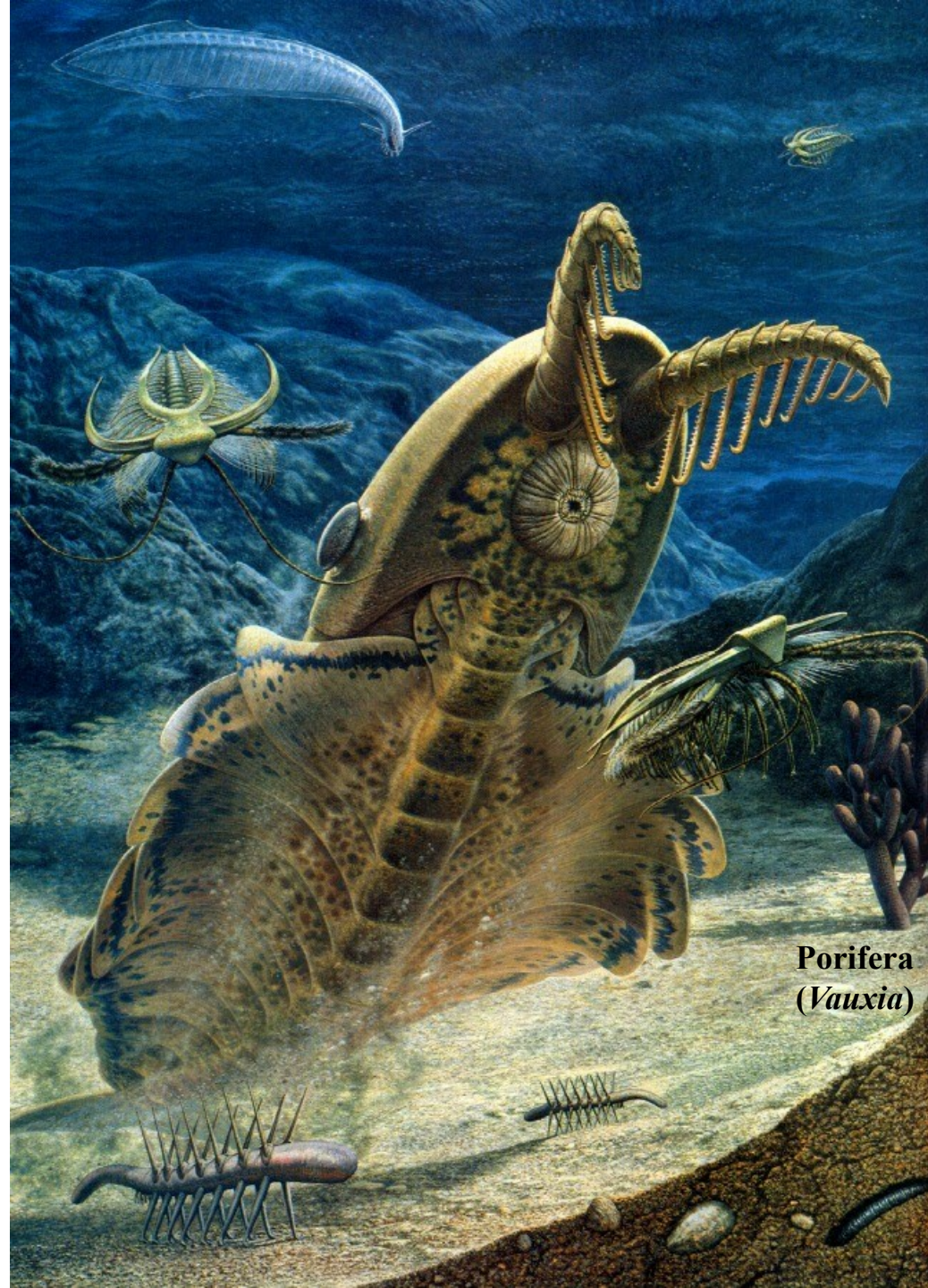
útesy: Archaeocyatha, Porifera, mikrobi dominance 1. fauny

*Pikaia*

*Marella*

*Anomalocaris*

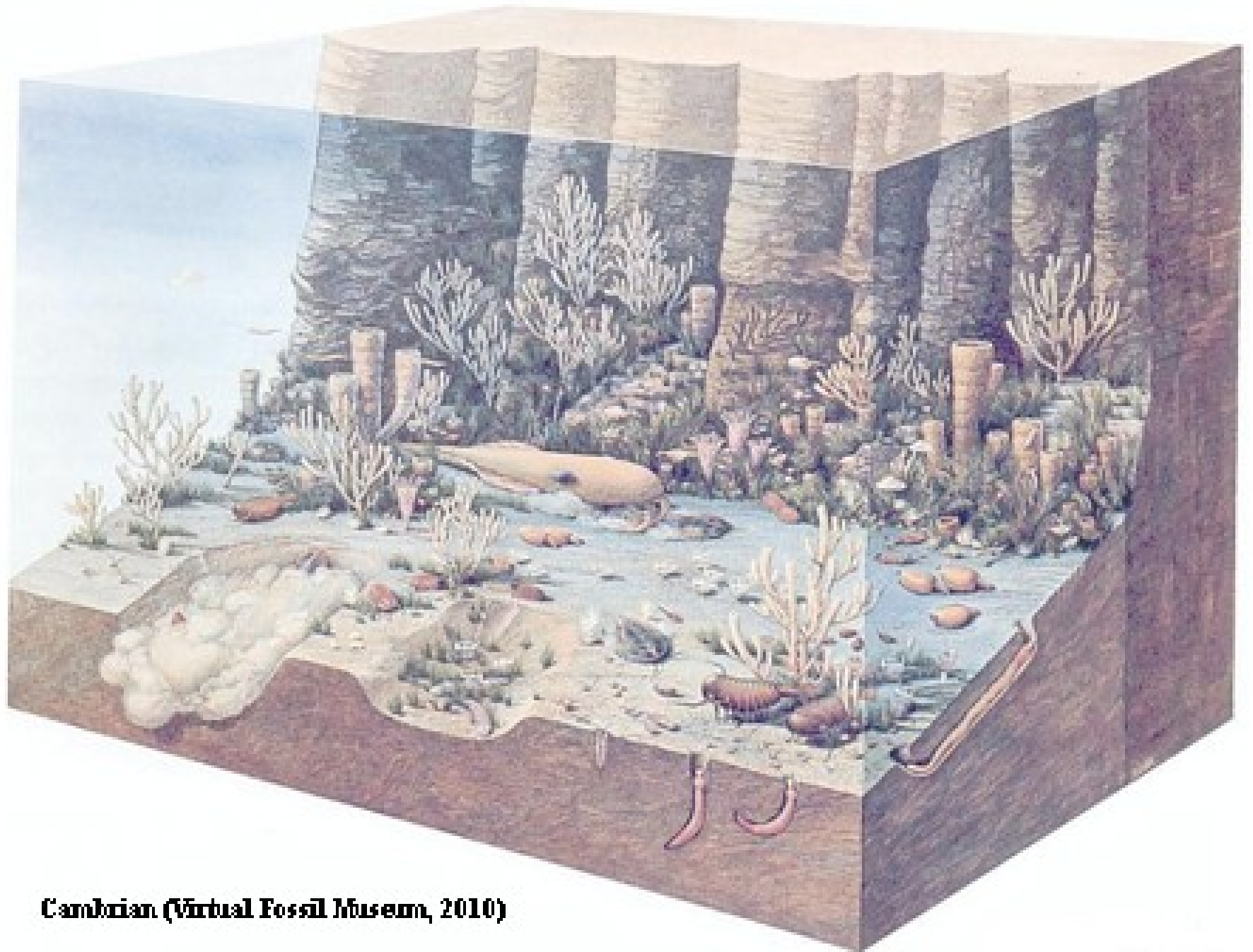
*Halucigenia*



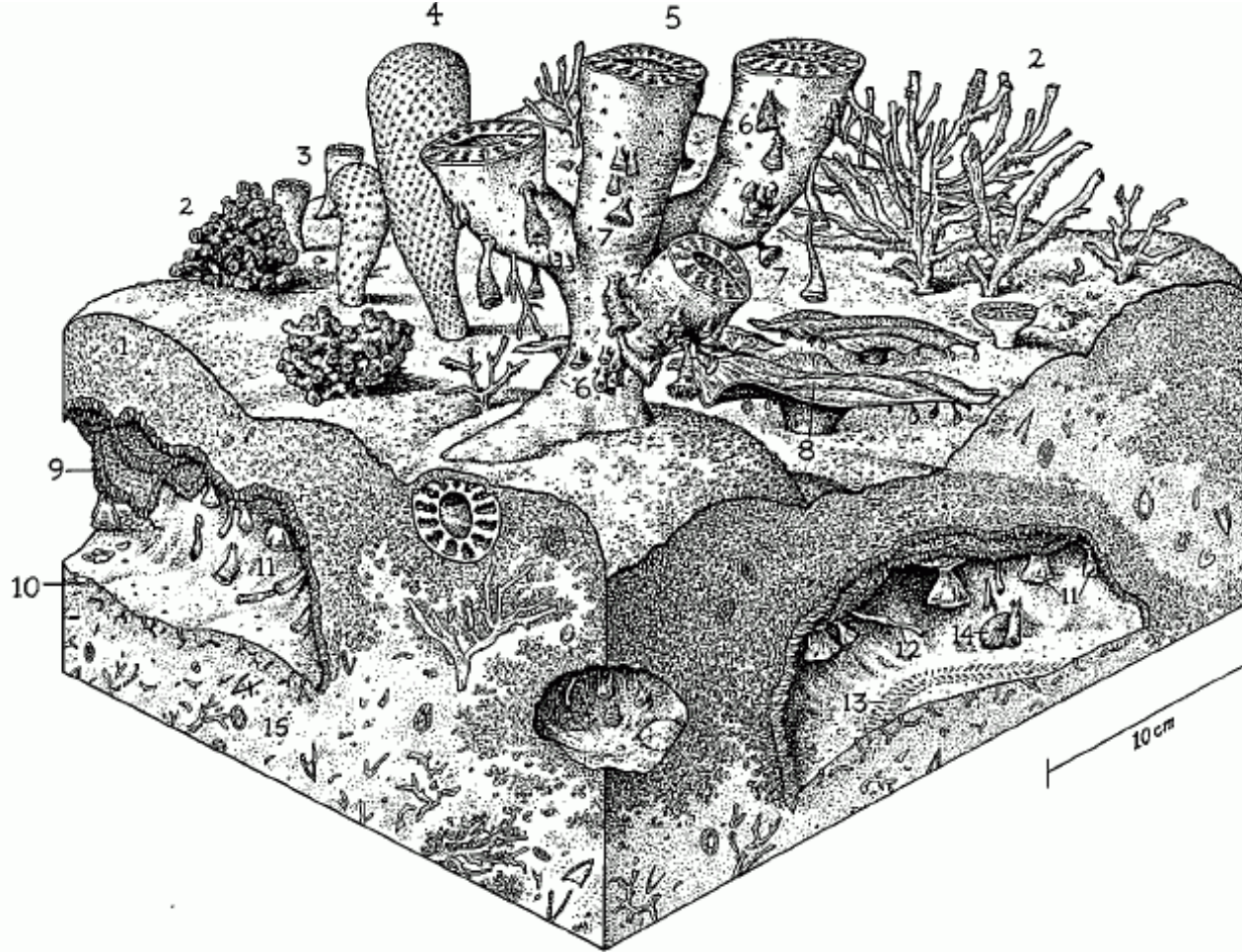
Porifera  
(*Vauxia*)

Pohled do kambrického moře



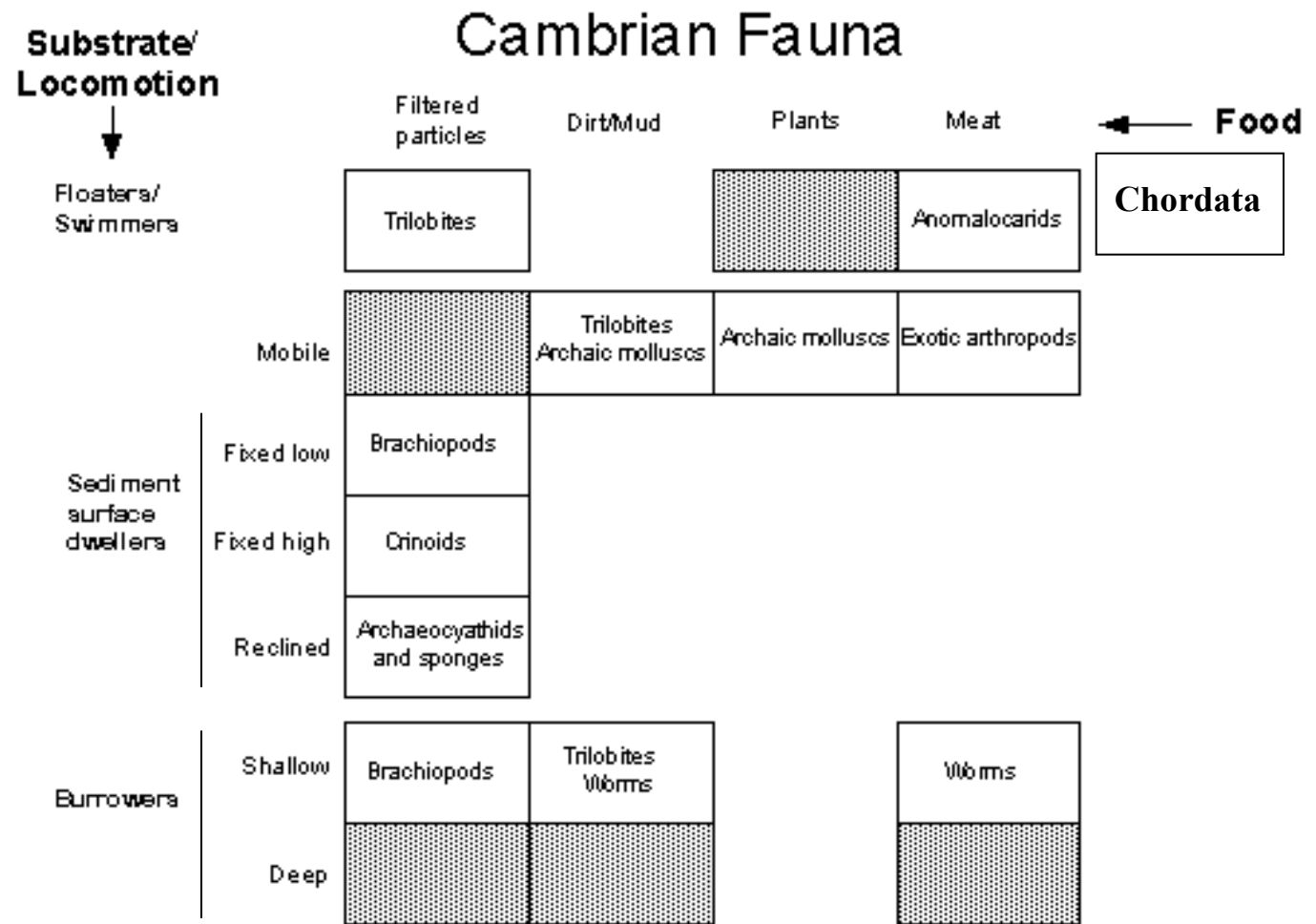


**Cambrian (Virtual Fossil Museum, 2010)**



Reconstruction of an Early Cambrian reef community (from 97). 1. *Renalcis* (calcified cyanobacterium); 2: branching archaeocyath sponges; 3: solitary cup-shaped archaeocyath sponges; 4: chancellorid (?sponge); 5: radiocyath (?sponge); 6: small, solitary archaeocyath sponges; 7: cryptic "coralomorphs"; 8: *Okulitchicyathus* (archaeocyath sponge); 9; early fibrous cement forming within crypts; 10: microburrows (traces of a deposit-feeder) within geopetal sediment; 11: cryptic archaeocyaths and coralomorphs; 12: cryptic cribricyaths (problematic, attached skeletal tubes); 13: trilobite trackway; 14: cement botryoid; 15: sediment with skeletal debris.

# Kambrický ekosystém



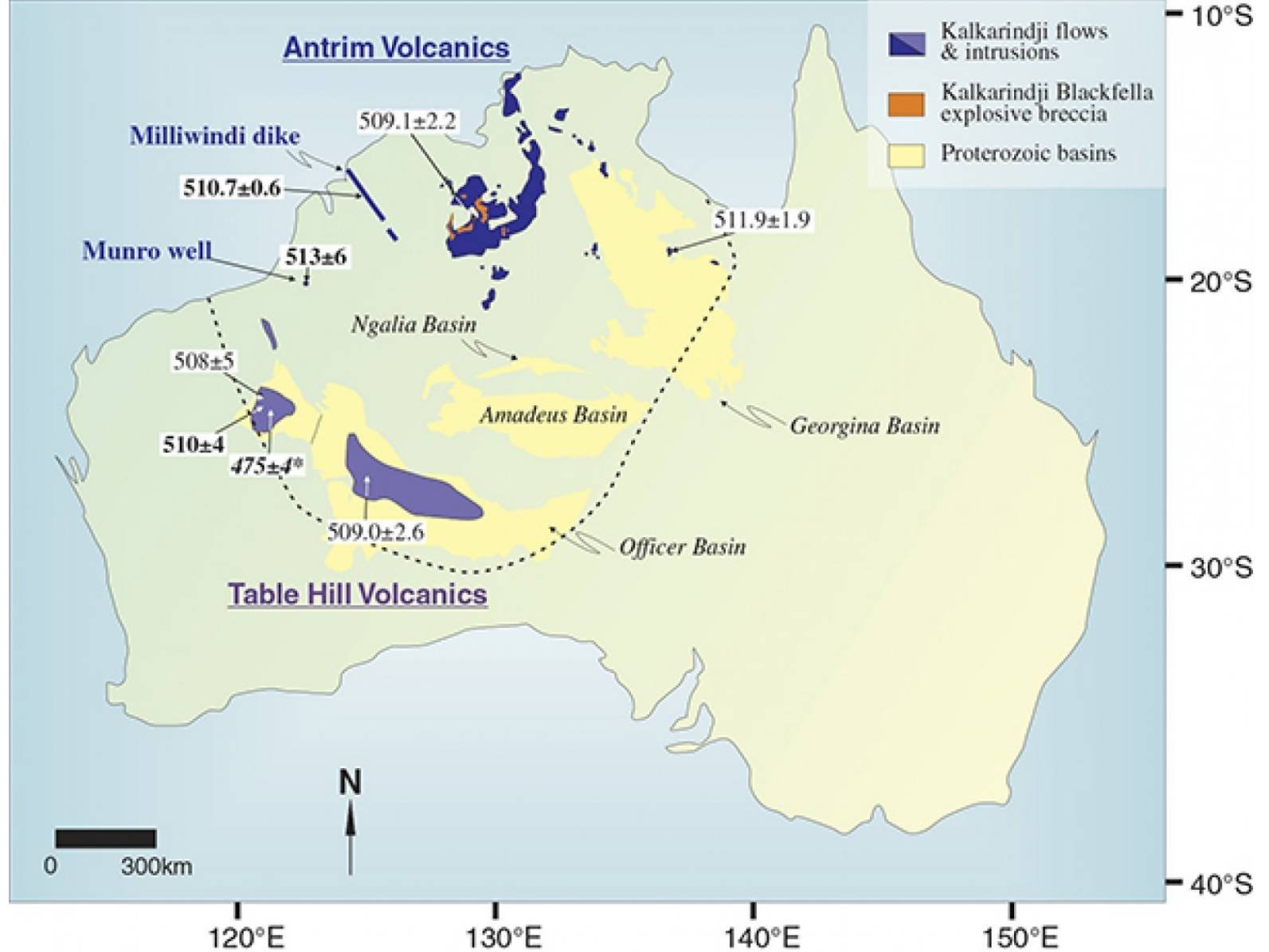
**Dominant animals:** Trilobites, Worms, Inarticulate brachiopods

**Dominant life modes:**

- Slow, surface-dwelling detritus feeding
- Few filter feeders, herbivores or carnivores
- Few burrowers or swimmers

**Local Diversity:**

- ~ 7 species in stressed zones
- ~13 species in near shore regions
- ~20 species in open marine



**Vulkanismus, plošné výlevy, Austrálie,**

**Explosivní vývoj** (Gould: nestálost genetických kontrolních mechanismů + volné niky, poté upevnění genetické paměti – variace na dané téma)

**Fosfogenní událost**, vzrůst O<sub>2</sub> (v závěru Cm anoxie), **biomineralizace**, **skeletonizace**

**Nový ekosystém moří**: vznik úplné potravní pyramidy (diverz. fytoplankton + radiace zooplanktonu = rozvoj heterotrofie a velkých konzumentů)

**Specializace způsobů života**:

potrava: dravci, filtrátoři, spásající organizmy, detritofágové etc.

pohyb: plankton, bentos (sesilní, vagilní), nekton (nedokonalý)

**Systematika**: převládají skupiny, jejichž rozkvět je vázán na kambrium, a které poté výrazně ustupují a hrají již malou roli = **1. kambrická fauna**  
V závěru kambria je 1. fauna ve vlnách **redukována**

# Vymírání:

**Ve svrchním kambriu – ??? 2 vlny redukce fauny (viz graf obr.12)**

**Mizí:**

- tomotská fauna, řada čeledí trilobitů a loděnkovitých,
- již dříve archeocyāti,
- ovlivněny jsou však všechny skupiny především 1. fauny

**Redukce fauny je spojena s**

- transgresí a následující regresí (stres v šelfových prostředích)
- vyšší tvorba černých břidelic (anoxie u dna)
- delta C13 poklesl = odraz poklesu produktivity fytoplanktonu
- zalednění ?? (Avalon)
- plošný vulkanismus (viz Austrálie)

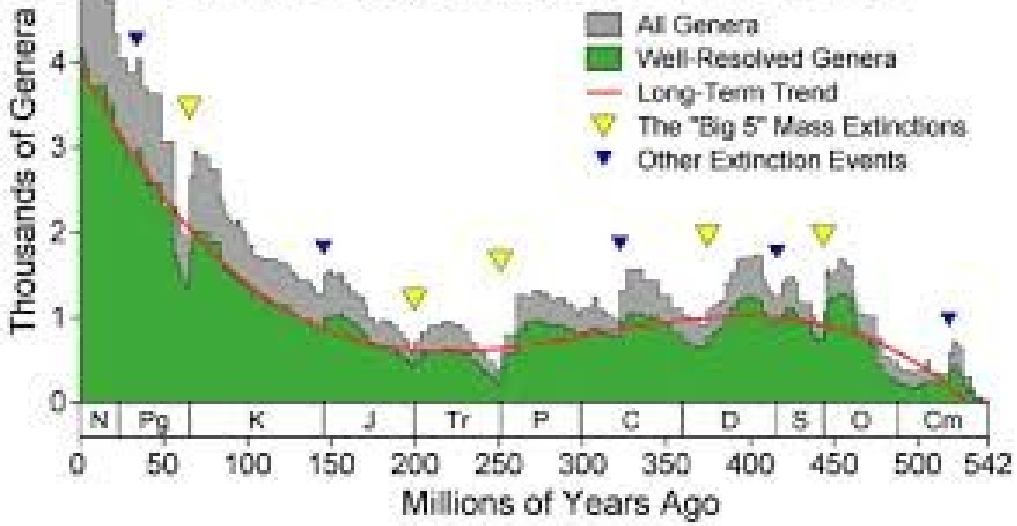
**O krizi koncem kambria víme poměrně málo.**

Použité prameny:

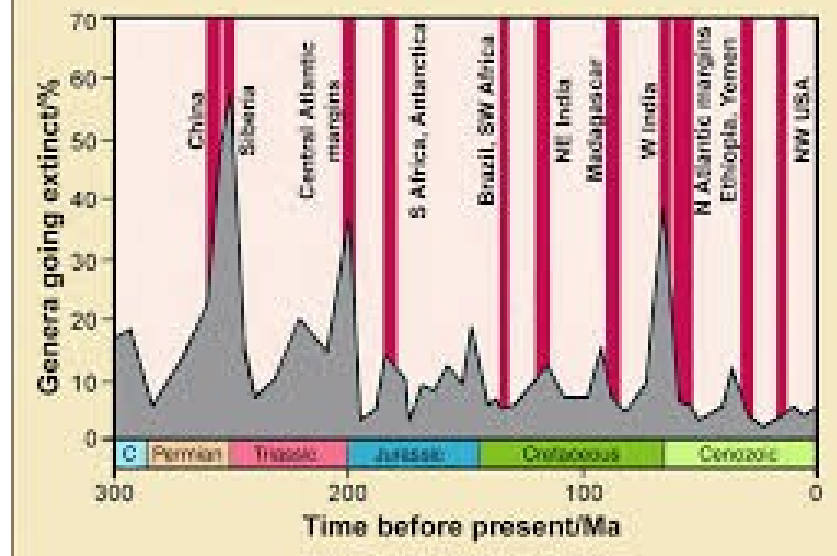
- Benton, M.J., 1997: Vertebrate Palaeontology. – Chapman & Hall, pp.452. London.
- Courtillot, V. , 1999: Evolutionary Catastrophes, The Science of Mass Extinction. – Cambridge University Press, pp.173, Cambridge (UK).
- Gould J.S. (ed.), 1998: Dějiny planety Země. – Knižní klub, Columbus, pp. 256, Praha.
- Hallam, A., Wignall, P.B., 1997: Mass Exctinctions and their Aftermath. – Oxford Univ. Press, pp. 320. Oxford.
- Kalvoda, J., Bábek, O., Brzobohatý, R., 1998: Historická geologie. – UP Olomouc, pp. 199. Olomouc.
- Lovelock, J., 1994: Gaia, živoucí planeta. – MF, MŽP ČR, Kolumbus 129, pp. 221. Praha.
- Margulisová, L., 2004: Symbiotická planeta, nový pohled na evoluci. – Academia, pp. 150. Praha.
- Paturi, F. X., 1995: Kronika Země. - Fortuna Print, pp. 576. Praha.
- Pálfy, J., 2005: Katastrophen der Erdgeschichte – globales Aussterben ? – Schweizerbart. Ver. (Nägele u. Obermiller), pp. 245, Stuttgart.
- Pokorný, V. a kol., 1992: Všeobecná paleontologie. – UK Praha, pp. 296. Praha.
- Raup, D.M., 1995: O zániku druhů. – Nakl. LN, pp.187. Praha.

Internet – různé databáze (především obrazová dokumentace)

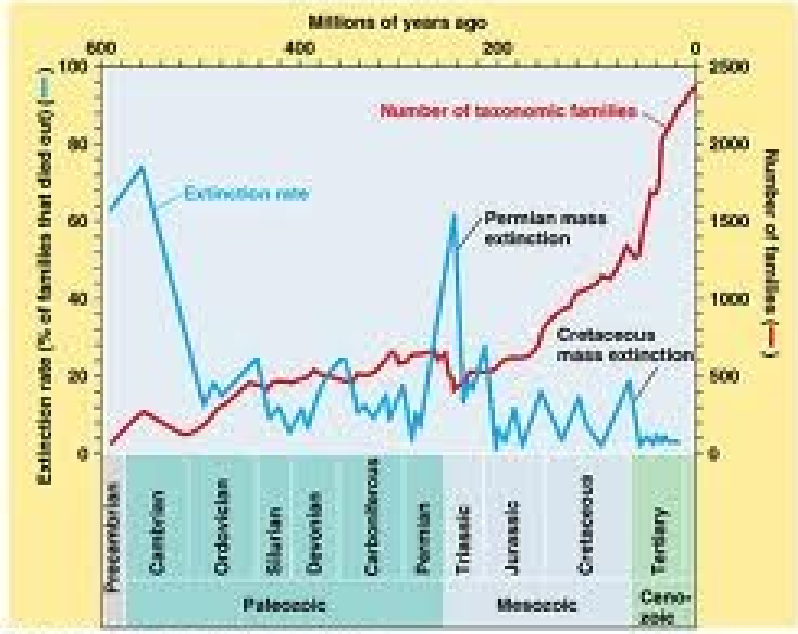
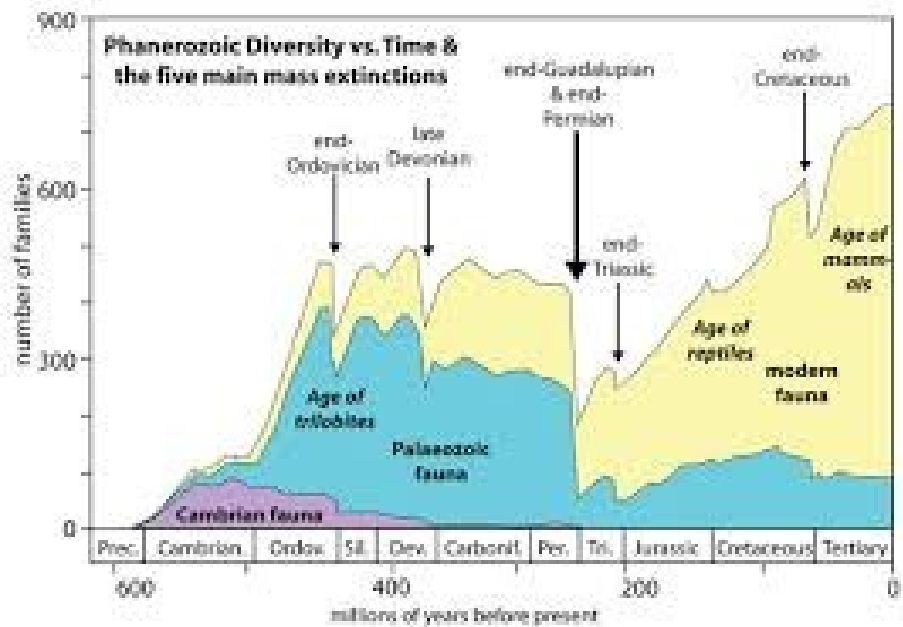
# Biodiversity during the Phanerozoic



# Vulk.: Ext.

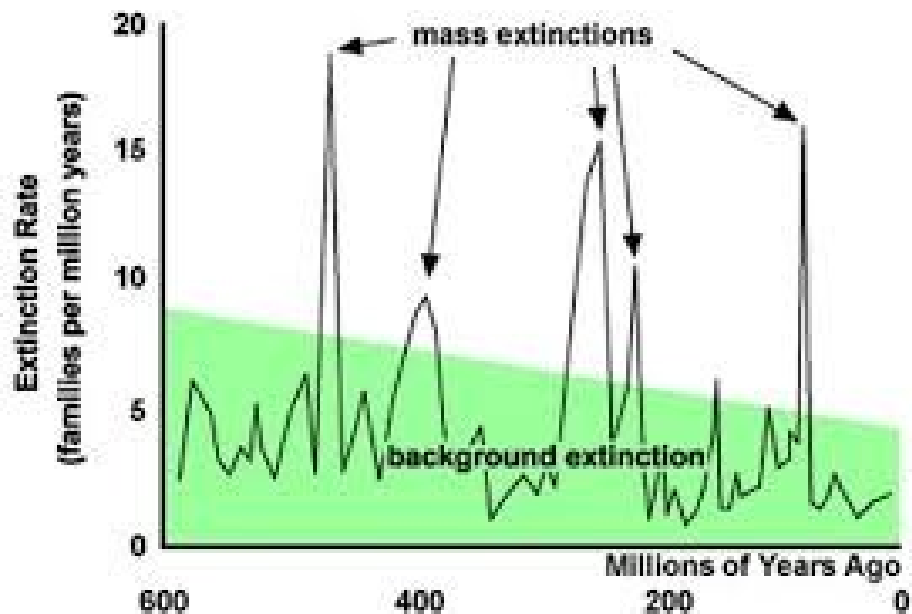
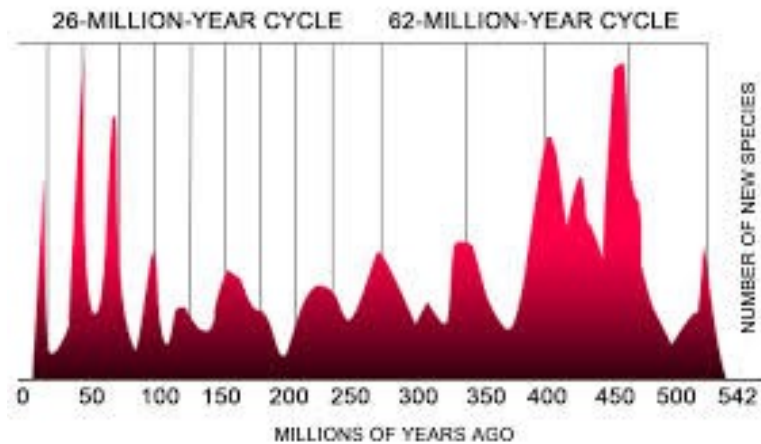
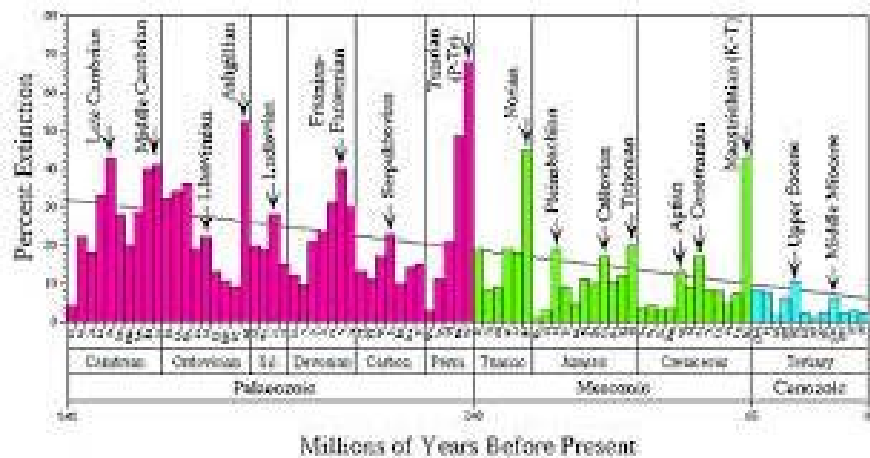


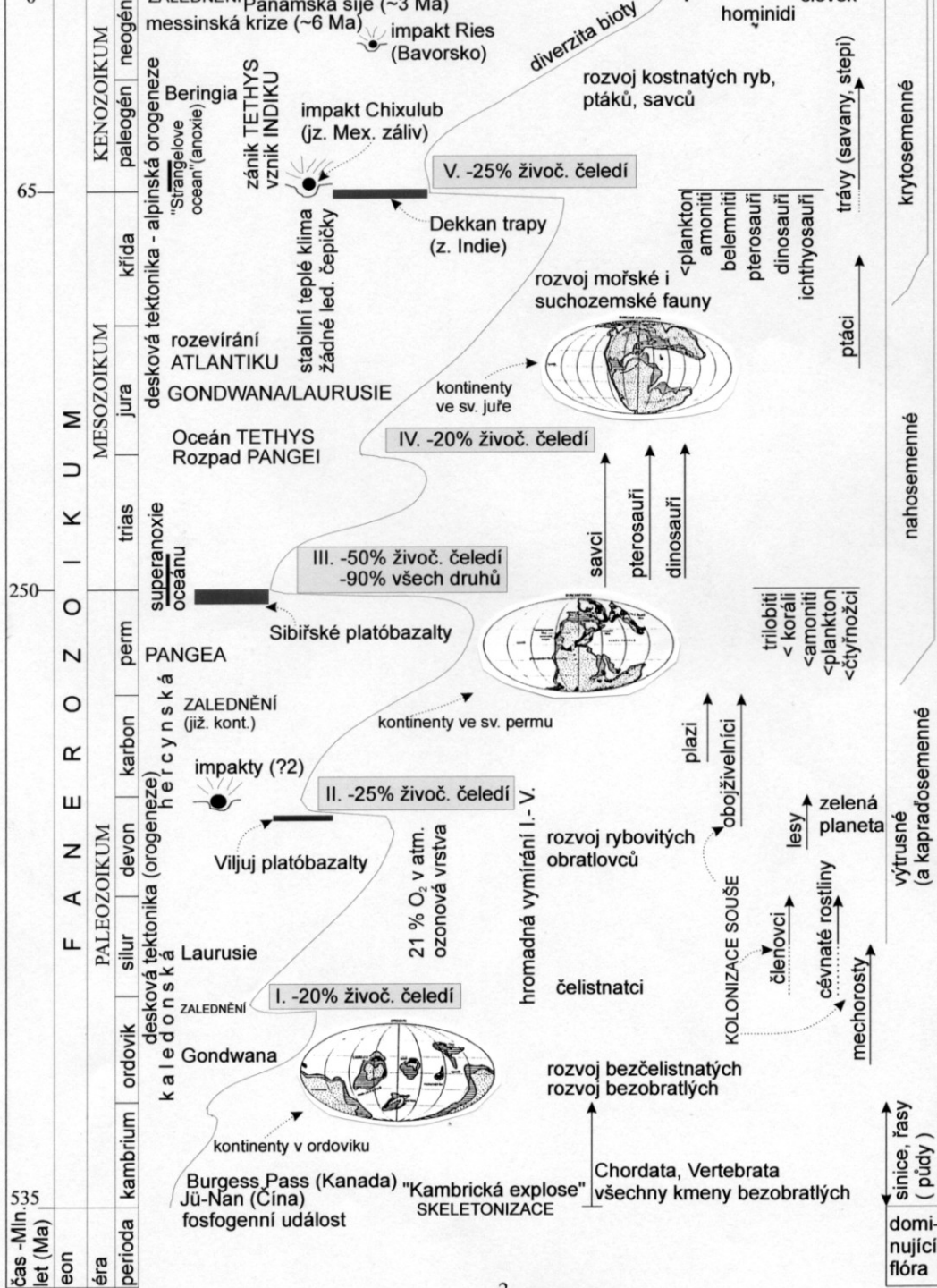
# Phanerozoic Diversity vs. Time & the five main mass extinctions



Copyrighted Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.







# Bkrize

## V.vymírání

## IV.vymírání

## III.vymírání

## II.vymírání

## I.vymírání



**Nature , 495 (7439)**